サイレージに関する最近の研究

須 藤 浩

(岡山大学農学部)

Recent Researches on Silage

Hiroshi SUTOH

(Laboratory of Animal Feeding, Faculty of Agriculture,
Okayama University)

畜産経営とくに酪農経営規模の拡大に伴なつて、基礎飼料の確保は、経営の成否を握るカギになるが、貯蔵飼料を上手につくり、これを合理的に利用することは、きわめて大切なことである。ところで気象条件に問題のあるわが国においては、サイレージの調製がいよいよその重要度を増している。これらのことに鑑み、サイレージの研究がどのように行なわれているかについて、主として最近 10 年間を基礎にして、その総説を試み参考供したい。

サイレージ調製の基礎条件に関連する研究

緑草をサイレージとして保存する目的は、最低の養分損失で、材料を貯蔵することにある¹¹⁸⁾。目的達成の手段として、埋蔵材料に付着している乳酸菌に、材料もっている糖분을乳酸にかえさせ、その酸性によつて、サイロ内におこるであろう望ましくない変敗をおさえるのである。いろいろな手段は、すべてこの目的達成のためのものである。すなわち、材料の水分を適水分含量に調節すること、材料を細切すること、よく踏圧すること¹⁷⁸⁾、完全な被覆をし、適度なおもしをすることなどである。

日乾で水分を 70% に調節したものと、調節しないもの ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 8 lb/ton 添加) とが比較されたが、還元糖を除いては、すべての養分損失が、日乾区が少なかった⁶²⁾。この実験では Plastic covers がつかわれたが、廃棄部による損失は無視し得る程度であつた⁶²⁾。このほか 70% を適水分とするものが多い¹⁸⁸⁾。サイレージ調製の問題点は、養分の損失を最低にし、できた製品を家畜がよこんで食べ、材料的には飼料価値の高いサイレージのできる草種を定めることである⁹¹⁾。

希望水分にするための予乾する量を示す式、また低水分に過ぎる材料に対する添加水量の計算式が示され

た¹⁸⁷⁾。材料ではケールやビートトップのような材料でも、細切によつて品質がよくなったという²⁹⁾。その他の材料ではもちろんである²¹⁾。サツマイモツルでは単に細切するよりも、圧潰してつめこめばよい¹⁷⁹⁾。一般に材料を細切破碎してつめこめば品質がよくなる^{199, 225)}。強く圧潰したものは弱く圧潰したものよりも pH が低く、すべての点で良好であつた²¹¹⁾。乳酸菌を早期に発育させるため細切することは重要で²¹³⁾、また高度に材料を裂切すると、酪酸の生成を抑えることを認めた²¹²⁾。材料を単に切るだけよりも、さらに細かに裂切したほうが、乳酸が多く、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、酪酸、プロピオン酸が少なく品質がよかつた¹¹⁾。材料の条件がよく細切してつめたサイレージの品質はよいが、不細切では温度が 100°F にも昇りよくなかつた。水分が多く炭水化物の低いアルファルファは、酪酸・揮発性塩基が高い品質のわるいサイレージができた¹²⁹⁾。乳熟期の エンバクをトレンチサイロに埋蔵する場合でも、細切と踏圧をよくすれば、添加物なしでも常に良質のサイレージが得られることが認められている¹⁰⁶⁾。サイレージの乳酸発酵には、まず植物の細胞液の放出が不可欠だとされている⁶⁴⁾。埋蔵材料が発酵を始めるために十分な汁液は、乾物 1g あたり、2g 以上であることを知つた。これ以下の水分含量では乳酸の生成は遅れる。空気がわずかに侵入しても汁液の放出を遅れさす。とくに低温のときそうで、しばしばわるい発酵を起させる。良質サイレージの調製上細切と植物の汁液とは重要な意味をもっていることを示している⁶⁴⁾。ペレニアルライグラスを生育のちがう 3 期に刈り、つめこみ方を各期とも 3 種類にして、123~238 日後にでき上りサイレージを比較した。いずれの生育期のものも、強い圧力をかけたものもつともよい発酵をし、乾物の損失も最小で消化率は最高であつた⁹⁰⁾。そして熟度の若い材料ほど、踏圧に対する感応が顕著であつた。これらの研究

は踏圧とおもしが、品質に影響する因子になることを示すものである²⁴⁾。踏圧（圧力）やおもしの度合は、中に残る空気の量に関連してくる。そして材料の炭水化物やその他の化合物が、有機酸やガスに変化する量と、蛋白質の分解量とを支配する。その他重圧 (2500 kg/m^3) は軽圧 (500 kg/m^3) よりも品質がわずかによかつたといっている¹⁹⁹⁾。空気が多いときは、温度が昇り、pH は高く酪酸が多くなる。糖含量のみが、最後の酪酸含量を決定づけるものではない³⁰⁾。踏圧と被覆の良否は廃棄量 (Top spoilage) にも関係が深く、圧力の少ないものが廃棄量をもつとも多かつた。蛋白質の分解は、圧力の少ないサイレージにより多かつた。いつぼう圧力の少ないものは温度も高くなり、 44°C でつくつたサイレージは低温調製サイレージに比較して、消化率は低かつた¹¹³⁾。踏圧せず、被覆をしないサイロのサイレージは一般に品質がわるく、高温になつた。被覆をしたものは一般に養分の損失が少なかつた。しかし粗蛋白質の含量 % は品質や埋蔵効果の尺度にはならなかつた²³⁾。プラスチックシートでコンクリートサイロを密封してさらに土壤で被つたが、表面の腐敗は完全に除くことができ、雨の侵入を防ぎ、カロチンやミネラルの損失を減じた⁹⁾。しかし材料の水分が多いと不満足なものになる²⁰⁾。高温 ($>55^\circ$) と通気は、サイレージの可消化蛋白質を減じて、消化率を低くする。材料の細切は、発酵の温度を低め、発酵性糖분을容易に役立てるようにする。生草の P/C 率は 0.4 以下で、乾物中糖含量は 6% 以上がよい²¹³⁾。温度的には、サイレージ発酵は高温よりも低温法がよい¹²²⁾。

サイレージ調製の際の埋蔵材料に関連する研究

(1) 化学的組成: よい発酵を行なわせるためには、生草の化学的特徴を知ることが必要である。すなわち微生物に役立つ発酵性炭水化物の量を知ることが基本的に重要である。重要な発酵性炭水化物には、Glucose・Fructose・Sucrose・Melibiose・Raffinose・Fructosan がふくまれる¹¹⁸⁾。これらの炭水化物はいずれも冷水中で抽出されるので総括して水溶性炭水化物 (WSC) と名づける。草の WSC 含量は、草種^{114,116,117)}により、生育期¹⁰¹⁾、日光¹⁰¹⁾、肥培によつてもちがう。スコットランドの生育状態では、マメ科は WSC が低く、Grass では多く、イタリアンライグラスはもつとも多い。Cocksfoot はもつとも低い。植物体をつくる炭水化物の役割は、埋蔵間には少ない。生草中の全窒素中、85~90% は一般に蛋白質で、残りは大部分遊離アミノ酸である。収穫すると植物酵素により、蛋白質の分解が急激に起る。これは酸性

にすることと、水分の急激な低下によつてのみ防止できる¹¹⁸⁾。TCA 輪行の酸の多くは Red clover で検出された。これらの酸、とくにクエン酸とリンゴ酸は植物体内で緩衝剤として重要な役割を演じている¹¹⁸⁾。マメ科草がサイレージ調製にむずかしい一つの原因は、緩衝能が比較的高いからである¹¹⁶⁾。ルーサンと赤クローバーで、糖含量が増すと乳酸含量が上昇し、同時に酢酸・酪酸・全窒素中の $\text{NH}_3\text{-N}$ が減ずることを認め、この関係は曲線関数で示され、材料の最低糖含量は、よい発酵のためには 1.5% であるとした⁸⁴⁾。

(2) 作物の物理的状態: Forage harvester の導入は、サイレージ調製を簡易化した。細裂切した草は容易に踏圧ができ、糖分その他の養分をもつ汁液が乳酸菌の生育にすぐ役立ち、発酵が速に行なわれることになる¹⁸⁰⁾。

(3) 微生物群: 材料についているものの大部分は好気性菌で、サイレージ保存にはほとんど役立たない。嫌気性菌中コリ型菌はもつとも数が多いが、保存作用には重要なはたらき手にはならない。Bacillus も Clostridium も生草には多くない。Streptococcus, Leuconostoc, Pediococcus および Lactobacillus は乳酸を生成するのにもつとも関係深いものであるが、比較的少ないようである¹⁸⁰⁾。これらの菌が多数みられる場合は、作物を収穫している間や日乾の間に繁殖のあつたときである。

サイレージ調製の際の添加物に関連する研究

添加物の目標とするところは、1 は材料中に可及的速く乳酸をつくつて、pH 値を 3.5~4 にして安全にすること、2 は乳酸の生成を待たずに、埋蔵と同時に酸の添加によつて pH 値を 3.5~4 にして安定にすること、3 はサイロ内を乳酸の生成によって安定にするのではなく、有害発酵の阻止によつてサイロ内の安定をはかるものである。4 は栄養素の強化を行なつてサイレージの飼料価値を増進しようとするものである。

(1) 乳酸生成の素材添加: 乳酸生成菌に必要な可溶性炭水化物がない場合は、日乾・細切・温度の調節などをしても、良質のサイレージはできにくい^{180,211,224)}。材料に可溶性炭水化物の量が少ないときは、乾物中 12% 量以上になるように糖質を添加するのがよい²²⁴⁾。添加物として実験された糖質は、従来供されたものと変りなく、糖ミツ^{19,66,105,224)}・糖質飼料として穀類¹⁶⁸⁾とそのミール¹⁰⁹⁾・根菜 (ビート、ビートパルプ¹⁰⁵⁾・イモ)・ヌカ類⁸⁵⁾・加工副産物 (Citrus pulp・デンプンかす¹⁸³⁾) などである。Glucose¹⁸⁹⁾・Sucrose²²⁴⁾・Cerelese²²⁴⁾ なども基礎的にとりあげられた。普通乳酸菌にはすぐに役立たない穀類の多糖類を添加して、酵素の豊富な Malt

meal¹³⁸⁾ か、繊維素分解剤⁹⁷⁾ を加えると有効のようである。そのほか酵素では Diastase^{167, 194)}, Cellulase, Hemicellulase, Pectinase, Malt¹⁶⁷⁾, Bacterial fermentation⁸⁸⁾, Tilamin¹⁷⁴⁾, Cellulolytic enzyme preparation⁹⁰⁾ などが実験に供されている。

(2) 乳酸菌の添加: 埋蔵の際、材料に存在している乳酸菌のみで満足せず、積極的に有力な乳酸菌を添加して安定をはかるという試みは従来から行なわれている。最近に至つても、Lactobacilli¹⁷¹⁾, Bacterial heterofermentation starter¹⁷⁵⁾, 乳酸菌のもと (0.5%, 糖ミツと⁸⁹⁾), Lactobacterin (糖ミツ 1.2% と²²⁾), Amylase 剤と乳酸の培養⁴⁸⁾ のように実験が行なわれ、効果があつたとしている¹¹⁶⁾。各種の乳酸菌を試験し、Lactobacillus plantarum がとくに適当であつたとしている。また培養菌を添加してもはつきりした効果は認められなかつた¹⁴⁴⁾。

(3) 酸度の調整のための酸類の添加: AIV 法以来、酸添加によって、サイロ内の pH を調整しようとする実験は数多く行なわれたが、その研究は最近になつても続いた。多くは他の添加物との比較において行なわれた。すなわち AIV 液^{50, 58, 107, 152, 222)}, AAZ [11 HCl + 140 g Na₂SO₄ + 4.5 l H₂O]^{196, 201, 222)}, VIK [HCl と H₂SO₄ の混合液 1 l + 6 l H₂O; HCl-H₂SO₄ 7 n 液]^{221, 222)}, ギ酸^{68, 107)}・クエン酸⁸⁸⁾のほか、ギ酸と酢酸の混合液⁹⁾, リン酸と塩酸の混合液⁹⁾, 硫酸¹⁷⁴⁾, 硫酸とギ酸の混合液¹⁷⁴⁾ などである。硫酸のみの場合以外は、ほとんど添加の効果が認められている。このほかソルビン酸 (0.1%) の添加も試みられた¹⁷⁰⁾。しかし AIV-法にまざる方法は見出されていない。

つぎにサイロ内を安定にする目的で、塩類が従来から使用されている。Kofa 塩 [Ca(HCOO)₂ 20 : NaNO₂ 3] が著明で、Albumex [(HCOO)₃ Al 1 : NaNO₂ 1 : NaCl 3] も実験された⁸⁸⁾。最近になつても Kofa 塩の効果について試験されている^{2, 58, 152, 228)}。その使用量は材料の 0.3% が標準である⁹⁾。Kylage は Kofa 塩にその成分が似たものとされているが、高水分の材料では、余り効果 (0.2% 添加) がなかつた^{50, 107)}。このほか、AIV-塩 (NH₄H₂SO₄)⁶⁹⁾, DAG 塩 (NH₂HSO₃)⁶⁹⁾, Reymer-sholm's ensiling phosphate [NaH₂(PO₄)₂ + NaH-SO₄]^{58, 69)}, Durarit (H₂SO₄ + Charcoal)⁶⁹⁾, GK powder (H₂SO₄ + Sawdust)⁶⁹⁾, Reymer-sholm's ensiling salt (NaHSO₄)^{58, 69)}, Perstorp's ensiling salt (CH₃COONa, HCOONa)⁵⁸⁾, Calcifor (Kofa 塩に類似)⁵⁸⁾, Spurosil [62% NaCl + 20% KCl + 12.4% NaNO₃ + 3% (NH₄)₂SO₄ + 1% silicic acid + 0.8% 微量元素]⁵⁸⁾, Howden's

additive⁷²⁾ などが供試されたが、顕著な効果を示すものはないようである。CH₂ClCOOH, (ClCH₂CO₂)₂Ca も供試された²⁰³⁾。

(4) 有害発酵をとめる目的のための添加: 従来この目的のためにつかわれた化合物は、CO₂ (or Dry ice), SO₂, H₂S, Torosilon (HCHO, SO₂, Al) などであるが、この 10 年間に数多く実験され実用化される段階に至つたものは、メタ重亜硫酸ソーダ (Na₂S₂O₅) である^{17, 19, 58, 66, 124, 186, 228)}。多くは 0.4~0.5% 添加で効果があつたとしているが、効果がなかつたとするものもある¹⁰⁴⁾。Na₂S₂O₅ の代りに K₂S₂O₆, Na₂S₂O₇ を供試したものもある¹⁹⁷⁾。Extra-silo (Phenylethyl alcohol) は選択的にグラム陰性菌を抑え⁸⁰⁾, CuSO₄ · 5H₂O (1-40 g/ton) の添加によって、蛋白質の分解が少なくなつた³⁵⁾。Chloropicrin も供試された¹⁶⁹⁾。さらに進んで、抗生物質が供試された。Dexter は Alfalfa に Terramycin, Neomycin, Penicillin, Bacitracin, Aureomycin (各 2~5 ppm) の添加を行なつたが、その結果はまちまちであつた⁸⁶⁾。Rusoff は Zn-bacitracin の効は、腐敗菌の孢子形成を抑制し、同時に乳酸菌の方は繁殖を促進するものと推論した¹⁶⁵⁾。ルーサンやエンバクに 5 ppm の Zn-Bacitracin を添加して調製したサイレージの粗タンパク質の消化率は高かつた¹⁵⁵⁾。Zn-bacitracin が選択的に菌に作用するかどうかについての実験では、Clostridia を選択的に抑制するものとは考えられなかつた⁹⁴⁾。Nisin の添加 (50~500 g/ton) は効果がなく³⁴⁾, Oleandomycin, Streptomycin の効も判りせず²¹⁶⁾, Tylosin の添加 (2.2 or 10 mg/kg) は、乳酸の第 2 次発酵による酢酸の生成を抑え、品質をよくし育成牛にこのサイレージを与えるとき平均増体量が多かつた⁴⁸⁾。その他 Chloromycetion, Achromycin なども試みられた⁷⁵⁾。著者らも抗生物質の添加効果について研究しているが、確たる顕著な効果は認めていない¹⁹³⁾。

(5) 養分強化のための添加物: 主として、青刈トウモロコシに対して尿素 (0.25~1%)²⁰⁹⁾ の添加が行なわれている。蛋白質を強化するとともに、尿素を安全に利用する目的で添加する。尿素の 0.5% 添加で DCP は高くなり、品質、嗜好性などに有意な影響はなかつた^{208, 209)}。加えた尿素窒素の 21.8% が NH₃ になる。蛋白質にもなる¹⁶⁰⁾。必須アミノ酸の保持もよかつた¹⁴⁹⁾。尿素 (0.6 or 0.5%) とともに (NH₄)₂SO₄ (0.2%) を添加するのがよいという^{1, 125, 172)}。尿素 (0.6%) と 0.5 mg % の CoCl₂ を合せて添加すると、サイレージ中の Vitamin B₁₂ の合成を促進する。しかし NH₄OH の添加では品質はわるくなつた¹⁾。Mg 石灰石 (MgCO₃ 44.3, CaCO₃

46.7; SiO_2 4.5%) を 0.7~0.9% 添加すると肉牛の Hypomagnesia を防ぐ量を含むが、サイレージの品質はそれほどわるくなかった⁶⁸⁾。サイレージ用 Corn の蛋白質含量を多くするため、飛行機で尿溶液 (2, 4, or 6%) を 3 回散布 (800 l/ha) して蛋白質が 10~20% 増加した¹⁴⁷⁾。Na₂SO₄ (0.2~0.3%) の添加は、数日で腐敗菌の生長を抑え、分子中の S は、Silage bacteria によって含 S アミノ酸の合成に利用されるとしている²¹⁹⁾。また NH₄HCO₃ (0.6, 0.7 or 1%)²⁰²⁾、NH₄NO₃ (0.75 g, 1 g N/kg)¹⁷⁷⁾ も供試されている。グラスへの糖ミツ尿素飼料 (モレア 4%) 添加は、尿素のみの添加の欠陥を補正することが認められた¹⁹²⁾。イモヌカには 2% の尿素、イモヅルには 1% 量を添加してもかなりの品質のサイレージが得られることが知られた¹⁸³⁾。

埋蔵中の成分の変化とサイレージの成分

埋蔵過程における全窒素の損失はないが、全窒素中の可溶性窒素の含量 % は増加する¹⁸⁴⁾。出穂前 3 週間の HI Ryegrass では、埋蔵後 18 週間で、非蛋白態窒素が非常に増加し、全窒素中 25% はアミノ態窒素の形で存在した。そして γ -アミノ酪酸の生成が認められた¹⁵⁾。総アミノ酸は埋蔵 1 日後 111%, 2 日後 216%, 4 日後 324% に増加した⁴¹⁾。サイレージの品質のよいときでも、多量の Diamin が存在する¹⁰⁸⁾。Arginine, Lysine とともに、Ornithin, Putresine, Cadaverine もふくんでいる¹⁰⁸⁾。生草には Histamin や Tyramin はふくまないが、サイレージでは Histamin を痕跡~844 mg (DM/kg 中), Tyramin を 90~3084 mg 含み、pH が高くなるにつれて増加した。Tryptamin もまた検出された^{102, 202)}。その他 Phenyl ethyl amine も見出されている (水分の多いサイレージ)^{46, 204)}。品質のわるいサイレージには常に δ -アミノバレリアン酸が存在する^{79, 81)}。その他 α -アミノ酪酸・ β -アミノイソ酪酸なども見出されている¹⁴¹⁾。400 例中 38 のサイレージにイソ酪酸が平均 0.13% (乾物中) 検出された⁷⁰⁾。蒸しジャガイモサイレージでは埋蔵後の数時間で、デンプンの加水分解が急に起り、6 日目には pH は 4.04 に降り加水分解は止つた。Fructose, Sucrose は 3 日後に消失、Glucose は最初の数日間に降り、その後もとの値に向つて昇つた¹⁵¹⁾。Grass silage でもジャガイモバルブでも、細胞壁の物質が乳酸菌で発酵される²⁵⁾。また 1 lb の有機酸は水溶性炭水化物を 1.87 lb 失うことによって得られるという¹¹⁰⁾。若いペレニアルライグラスの埋蔵後、1~143 日間観察したところ、キナ酸とコハク酸は時間とともに増加したがリンゴ酸・クエン酸は減少した⁶¹⁾。アルファルファの場合、埋蔵前の

日乾 (8 時間) は、すべての酸の生成割合を減じた⁸⁹⁷⁾。品質のよいマメ科・イネ科の混合サイレージには、リノール酸やリノレン酸が見出されている²⁰⁶⁾。品質のわるい 15 点の Grass silage のケトン体を調べたが、機械埋蔵のもの 5.2~10.4 mg%, 低温手づめのもの 3.5~6.2 mg%, 高温手づめのもの 4.3~7.8 mg%, であつた²⁰⁰⁾。なお、気密サイレージでは酢酸以外の揮発性脂肪酸含量は、ほとんど皆無であつた¹³⁹⁾。

トウモロコシサイレージのカロチン含量は 22.4 mg/kg であつた¹⁸⁴⁾。また雄穂抽出期より完熟期に至る 5 期に刈りとり調製したサイレージでは 12.9 mg% から 33.9 mg% に、生育の進むにつれてそのサイレージのプロビタミン A 量は減じた¹⁹⁰⁾。またレンゲサイレージは 2.51 mg% (DM 23.9%), イタリアンライグラスサイレージは 2.48 mg% (DM 16.2%) のプロビタミン A を含んでいた¹⁸⁹⁾。プロピオン酸生成菌と好酸性菌または酵母を添加してつくつたコーンサイレージは普通よりも 1.5~2 倍のチアミン (0.82 mg/kg) とリボフラビン (1.97 mg/kg) を含むことが認められている⁷⁷⁾。

またトウモロコシサイレージ (DM 29.1%) では、平均 Fe 63, Cu 4, Mn 8, Co 0.03 mg/kg 含むという⁶²⁾。レンゲサイレージでは、Ca 含量と pH の間には正の相関のあることが認められている¹⁸⁸⁾。

赤クロンバーは、2~5 γ Diethyl stilbestrol/100 g DM に相当する活性をもっていたが、埋蔵により変化はなかつた¹⁸⁷⁾。またアルファルファでは Esterogen 活性は 3.3, 52.5 γ /kg であつたという⁸¹⁾。

トウモロコシサイレージで、埋蔵後 66 時間窒素質ガスの発生状態を測定したところによると、NO は 6 時間後 0.12%, 23 時間後 9.71%, 42 時間後 0.12% となり、N₂O は 18 時間後 0.1%, 54 時間後 4.35% であつた²⁰⁵⁾。

サイレージ給与の影響と給与量

(1) 各種家畜に対するサイレージの給与: Fistula 接着牛に、サイレージを主とする飼料を 4 週間与え、ルーメンの消化作用を調査したが、pH・VFA・細菌の種類や数には変化がなかつた¹⁴²⁾。サイレージで与えた DM のうち 50% を乾草でかえても、N の利用には影響がなく、また青刈りでもサイレージでも N は同効率であつた²⁸⁾。肉牛の場合、Corn silage を 3 カ月間継続して与え (80 lb 以上) たが、Corn silage はと体にわるい影響がなく、牛は速くかつ経済的に肥育できることが認められた¹²⁷⁾。Grass silage を肥育牛に自由摂取させたが、摂取量を生産から推定してみると、1 日 117 lb (春草)

イレージ)と115 lb (秋草)であつた⁷⁴⁾。メン羊に3 kg以上のCorn silageと100 gのCorn mealを与えたが、生のトウモロコシを与えたときと同じで、ただルーマン内容のVFA含量は生草のときよりも少なかった¹²⁸⁾。Grass silageを2年間雄牛に与えた。すなわち体重の3%量の乾草とサイレージを与えて、健康や授精力を、乾草と濃厚飼料を与えた雄牛と比較したが、差がなかった⁴⁵⁾。70~80 kg体重の豚では、Corn mealの60~65%をCorn silageで、完全に代えてよい。若い豚の飼料の30%がCorn silageであつてもよい¹²¹⁾。200 lbで仕上げる肥育豚に対し、190 lbまで魚サイレージを与えたが、蛋白質の主源をダイズかすにしたものと比べ、ポークのフレーバーには有意な差がなかった⁵⁶⁾。Corn silageはChopperで糊状にすると、成豚は5~6 kg/日、離乳の子豚でも2.5~3 kg/日食べる⁷⁸⁾。豚にGrass silageを与えた例は少ない。50羽の白レグに1日1羽あたり25~100 g与えたが、サイレージ給与群は産卵数が多かったがその差は有意でなかった。ふ化率も高く、カロチンの給源となつた¹⁵⁰⁾。サイレージの有機酸は鶏に害はない¹⁰⁾。サイレージの給与推奨量は、鶏50~60 g、ヒナ20~30日令3~5 g、2~3ヵ月令20~30 g、アヒル200~250 g、七面鳥150~200 g、ガチョウ200~300 gである⁶⁷⁾。

(2) 乳牛飼養とサイレージ: 乳牛の夏の飼料として青草とサイレージが7年間比較されたが、産乳・体重の変化・一般健康状態は、両者同様であつた⁶⁰⁾。そしてサイレージは飼料の60%の飼料価値に相当する部を負擔することができ、完全に乾草を代替して何ら障害がなかった。酸毒症は起さないし、子牛は丈夫に生まれ、よく育つた²²⁰⁾。一般にサイレージ給与は、乾草のみを与えるよりもよい泌乳量を示す¹⁵⁶⁾。乳牛がサイレージを摂取した結果を解析してみると、体重と乳量が増加量の変異の43%の重要性をもっている。サイレージのDMの含量については11%、粗蛋白質や粗繊維含量はさらに13%の比重で原因となつている。サイレージの摂取量をよくするためには、少なくともDMが24%あり、その消化率は65%でなければならない¹¹²⁾。

わが国でも牧草サイレージを主体とした乳牛の飼養法を研究している¹⁹⁸⁾。

(3) 自由摂取と食下量: 乳牛に制限なく自由に食べさせると、45~50 kg/日食べ、時間を2時間にきると、32~34 kg食べた⁶⁸⁾。Dutch barn siloで、自由に150日間食べさせたが、1日平均40.8 kg食べたと推定された。これは維持と、1.5 galの乳をだすに足る養分である。試験期間中の牛の状態もよかつた⁴⁷⁾。育成牛でサイ

レージを自由摂取させたが、DMの推定摂取量はサイレージから15 lb、ワラから4 lbとつた。雄牛や肥育の場合でも、従来の方法に比較すると、飼料と労力の面で非常に経済的節約になる²⁶⁾。自由摂取では、材料の長いままつめこんだものは、食べる時抜きたるのに困難のようであつた¹⁰⁸⁾。

(4) サイレージとケトン体: Grass silageを冬期5ヵ月以上10頭の牛に飼養し、アセトン体を測定した結果、サイレージ・血液・乳に含まれるアセトン体の量間には、相互に関係のあることが認められた¹⁶⁸⁾。そしてKetosisの起るのは、Ketone含量の高いサイレージを与えている群に多いようである^{3,4)}。化学的な観察から、酪酸を含むサイレージは、Ketosisにかかり易くする因子になると考えられた。Ketone体と酪酸含量間には関係がなかったというものもある²⁰⁰⁾。牛にぜん進的にサイレージを食べさせ、終いにはサイレージのみを食べさせたが、サイレージのみの期間には、血糖およびアルカリの蓄積は、混合食を与えているときよりも低い傾向にあつた。そしてルーマン内容は、比較的多量の酪酸を含み、プロピオン酸は少なかった。血液のKetone体はサイレージを与えている時期に上昇した。そして他の飼料を与えだすと急激に減退した^{88,89)}。

(5) 乳質および生産物におよぼす影響: 試験期間中サイレージを与えた牛の乳量は増加し、乳成分には差がなかった。サイレージ区の乳のCa含量はかなり減じた⁹⁸⁾。しかしその牛乳でつくつたチーズの品質はよかつた⁹⁸⁾。乳中のサイレージのフレーバーは、乳中のアセトン体に関係あるようには思われないう¹⁶⁸⁾。一方牛乳のわるいフレーバーのである主要原因の一つはサイレージ、とくに高水分のものであるとした¹⁶⁾。カピタサイレージや乾草も原因になる¹⁶⁾。搾乳直前にサイレージを食べた牛の牛乳は、搾乳後に食べたものに比べると、しばしば汚染度が高かつた¹⁷⁹⁾。サイレージ間の比較では、良質のサイレージは、乳の品質を改善し、細菌数を少なくするもので、乳質はサイレージのpHに反比例し、その中の個々の酸とも関連があつた^{143,161)}。Corn silageを長期与えると牛乳のFolacinやCholine含量が高くなるという⁵⁵⁾。つぎにサイレージを与えないものからのバターは、与えたものからのバターに比べて品質がよかつた¹⁶¹⁾。そして満足な品質のサイレージのみが、Edam loaf cheeseに適當していた¹⁴³⁾。バターのフレーバーでは、品質のわるいサイレージを与えているときもつとも劣つた。一般にサイレージを与えた牛の乳のビタミンA含量は高く(20~50 kgのCorn silageを与え2年間試験)⁶⁴⁾、Corn silage(1日30 kg)を与えた牛から

の乳は、粉乳にしても品質がよく、長期安全であつた¹⁵⁹⁾。サイレーズの品質と泌乳増加量では、品質のよいほどその力は大きく¹⁶³⁾、Beet top silage では、体重に対し(3, 7, 10%) 多量に与えたものほど、乳生産量を増加した¹³⁸⁾。

サイレーズの品質とそれを支配する要因

サイレーズの品質は、乳・酢・酪酸の含量および全窒素中の $\text{NH}_3\text{-N}$ 率で質的に評価できる⁸⁴⁾。この関係はすでに認められていたところである。そしてサイレーズの pH 値と乾物含量 (30% 程度まで) 間^{182, 186)}、乾物含量と埋蔵後サイロにおいての沈下率間¹⁸⁶⁾ には有意な負の相関が見出されている。低 pH は総酸・乳酸・乾物含量の高いこと、低密度、低酪酸、埋蔵間の CP の低損失を伴つた。そして pH と $\text{NH}_3\text{-N}$ 率間には高い正の相関が見出された^{182, 184, 186)}。しかしサイレーズの色・臭・触感なども評価の補助標識になることが認められた¹⁸²⁾。Grass silage では、DM は 19~23% で品質と pH には有意な相関があるが、DM 30~45% では、品質を鑑定するには pH は役立たない¹⁴⁰⁾。レンゲサイレーズでは pH 値と DM 中の Ca 含量間に正の相関があつた。乳質に障害なく使用し得るサイレーズの pH の上限界は、トウモロコシ 4.3、かすまたはビートトップ 4.6、グラスまたはクローバーでは DM 23% のとき 4.8、DM 24~29% のとき 4.9、DM 30% 以上のとき 5.4 である⁷⁶⁾。pH、乳酸・酪酸含量、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 率で基準を規定したものもある⁵⁹⁾。また粗繊維 24% 以下を含む材料ではいつも良質サイレーズが得られ、30% 以上の材料でつくつたサイレーズの 50% は品質がわるかつた⁵⁹⁾。DLG の感覚法 (臭 14, 組織 4, 色 2 計 20)⁷⁾ による評価と FLIEG の評価の結果は一致するといつている。また pH と官能による品質の評価は、FLIEG の評価法によく一致することが認められている¹⁸⁷⁾。

材料の乾物含量と低水分サイレーズ

Grass を日乾すると、浸透圧がわずかに高くなるが、これは初期の酪酸発酵を抑えるのに役立つ。低温 (<20~25°C)、低 pH (<4.2)、高乳酸含量や高浸透圧は、乳酸菌に対するよりも、Clostridia に対して有害である²¹⁰⁾。8 時間圃場で日乾し、DM を 40% に増加させたが、粗蛋白質の変化は少なかつた。埋蔵中の DM、粗蛋白質・可溶無窒素物の損失は、材料の DM が 35% まで増加するにつれて減じた。それ以上では改善がなかつた¹⁸¹⁾。日乾の程度をどれくらいにするかについてルーサンで実験した結果は、DM 50~55% を越えてはなら

ないことを認めた。目的水分を定めて、どれだけ減らすかについても、算式を利用するのが便利である¹⁸⁷⁾。低水分サイレーズでは、圧縮がよくできないので、乳酸菌よりもカビが速く繁殖する。これは少量の糖ミツを添加することで防止できた⁶⁷⁾。ひどく材料を日乾すると、調製上危険があり、細切しないときに危険が多い¹⁸⁸⁾。乳牛による平均 DM 摂取量は、低水分サイレーズと乾草で、それぞれ 24.3 : 23.0 と 24.6 : 25.1 lb であつた⁵⁸⁾。

サイロと新しい型

DM 29% の材料を細切してバンカーサイロに埋蔵した結果は良質のサイレーズが得られたが、Top spoilage が多かつた⁵¹⁾。プラスチックシートで被覆することによつて、この廃棄部は少なくなる^{51, 119)}。可視廃棄部は 0.8% にすぎず、DM の全損失量は 12% であつた¹¹⁹⁾。HARVESTORE 法では DM 50% になるまで乾燥し、ハイブリッドコーンやソルゴーは 35%、穀類は DM 65~70% でつめこむのがよい^{14, 136)}。地面にプラスチックシートを敷き、その上に作物をつみプラスチックの被いをかぶせて密封し、真空ポンプで排気する方法が行なわれている^{27, 82, 95, 227)}。いわゆる真空圧縮サイロになる⁴⁰⁾。真空にするとサイレーズの密度は増加する²²⁷⁾。このようにして調製したサイレーズは優秀である (79~100 点)⁸²⁾。水分 27.5% の粉碎トウモロコシを Polythene 袋に数カ月埋蔵したものは豚用に有用であつた¹²⁾。Polyvinyl chloride plastic (0.008 in. 厚) 袋では、 CO_2 は逃げるが、 O_2 は効果的に排除され、他のガスは通過しなかつた⁵⁰⁾。合目的のフィルムの選択も今後の研究問題の一つになるだろう。

埋蔵中の養分の損失とくに排汁による損失

生草 (DM 22.5%, CP 20.8%) に対し ^{14}C でラベルした糖ミツを 1.13% 添加したが、糖ミツは明らかに液相に比例的に分布し、排汁中に添加糖ミツが損失する% は、排汁として損失した埋蔵材料の % と同じと考えられた²⁰⁾。排汁は材料の水分が 75% 以上のとき生ずるので、Grass やルーサンでは DM が 30% 以上になると生じない。ビートトップでは材料不細切のとき排汁の DM は 5.5%、細切のとき 7.2% で、このうち約 35% は発酵有機酸、22% は糖、CP 20% であつた²²⁶⁾。各種の場合埋蔵中の養分の損失について 4 年間研究した結果は、DM は 22~30%、CP 23~44%、可溶無窒素物 27~36%、デンプン価は 22~41% で、この変異は大きかつた¹⁴⁶⁾。

サイレージの細菌と、カビ防止に関連する研究

多くの生草は比較的乳酸菌をふくむことが少ないが、埋蔵数日後には、サイレージ 1g について数億になる。それから横ばい状態になり、その後貯蔵間にはわずかに減ずる。そして乳酸菌数はサイレージの品質を測る尺度にはならなかった⁹³⁾。プロピオン酸菌は、Vitamin B₁₂の合成ができ、炭素源として乳酸を利用することができ、それからプロピオン酸と酢酸を生産するという¹⁷⁶⁾。Alfalfa silage では、pH 3.1 ですべての発酵作用はとまり、また Penicillin と Chloramphenicol の添加によって抑えられた。わが国でもサイレージ熟成に伴う微生物叢の推移が研究された^{144, 173)}。培養基にサイレージの乳酸菌を培養すると、NH₃ を利用することが認められたが、埋蔵間の NH₃ の生成にたいした影響があるとは考えられなかった¹⁶⁾。添加物になるが、NH₄Cl, NH₄-HS, NH₄HSO₄, Na₂S₂O₇, Na₂S₂O₈ と NH₄Cl との混合物の添加は、サイレージ内微生物の生長を減退させることを認めた⁸⁷⁾。

カビはサイレージの腐敗と、低水分サイレージの保存の上に問題になつている。イオウ華は白カビ胞子を抑える力がなく、7.38 g (C₂H₅)₂SO₃/l は効果があつた¹⁴⁵⁾。イネ科・マメ科混合草にカビたトウモロコシを 150 lb/ton 加えたが、カビによる Spoilage は生ぜず、乳牛の嗜好もよかつたという¹⁵⁴⁾。最近わが国でも、防カビ剤にプロピオン酸ソーダがとり上げられている¹⁹⁵⁾。

サイレージの特殊成分の定量に関する研究

サイレージは発酵生産物であるから、その特殊成分を知ることは品質を判定するのに重要である。揮発性脂肪酸とともに、乳酸を蒸留法によつて定量する方法に検討が加えられている^{8, 13, 78, 167)}。酪酸から酒石酸までをカラムに定量的に分離展開するクロマト法^{8, 100, 148, 215, 217)}、この簡便法¹⁷¹⁾、カウンターカレントで分離する法¹⁵⁸⁾、ガスクロマトにより定量する法⁹⁹⁾、ペーパークロマト法⁸⁰⁾などが行なわれた。またサイレージのカロチンの迅速定量法⁸⁵⁾、硝酸塩の定量法²¹⁸⁾、アルコール定量法²⁰⁷⁾などが発表された。サイレージは揮発性成分をふくむので、普通の乾燥法では正しい DM 含量が得られないので、蒸留法^{87, 120)}、あるいは FISCHER の滴定法⁴²⁾によるのがよいとされている。蒸留法と常法による乾物値の差と、サイレージの品質間には関係のあることが認められた¹⁹¹⁾。そこで蒸留法でもなお補正を要することが認められている^{44, 191)}。

結 語

わが国でも酪農の基礎飼料としてのサイレージの重要性はとみに高まり、その研究は大学あるいは官公の研究機関その他において盛んに行なわれている。そしてその幾つかの理論は応用され酪農家も実施している。何よりも良質サイレージを確実に低廉に調製する技術の確立が要望されるが、まず酪農家がサイレージの調製を安全に、効果的に行なうための理論あるいは技術確立のためにはもちろん、サイレージを合理的に利用し、生産の実をあげるため、これらの研究がいろいろな角度において役立つことのできることを念願する。

献 文

- 1) ABGAROWICZ, F. (1963) Roczniki Nauk Rolniczych Ser. B. 81 (4): 695-706.
- 2) ABRAHAMSSON, A. (1960) Kgl. Landbruks-Högskol. Ann., 26: 289-301.
- 3) ADLER, J.H., S.J. ROBERT and J.A. DYE (1958) Amer. J. Vet. Res., 19: 314-318.
- 4) ADLER, J.H., S.J. ROBERT and J.A. DYE (1959) Rept. N.Y. State Vet. Coll., Cornell Univ. 1957-58, 27.
- 5) ALEXANDER, R.A., J.R. MCCALL, J.F. HENTGES, P.E. LOGGINS and G.K. DAVIS (1961) J. Dairy Sci., 44 (10): 1928-32.
- 6) ANTOINE, A. (1957) Bull. Inst. Agronom. Gembloux, 25: 9-37.
- 7) Arbeiten der DLG (1962) Bd. 80, DLG-Schlüssel zur Gärfutterbewertung nach der Sinnenprüfung.
- 8) ARCHIBALD, J.G. and H. FENNER (1961) J. Dairy Sci., 44: 361-2.
- 9) BASF (Jung, J.) (1965) Belg. 657019, June 11, 1965.
- 10) BAUMAN, V.K. (1958) Sborn. Trud. Latv. Inst. Zivot. Ver., 9: 79-98.
- 11) BAXTER, H.D., J.R. OWEN and D.R. WALDO (1966) J. Dairy Sci., 49 (11): 1445.
- 12) BLOOMFIELD, R.A. (1959) J. Animal Sci. 18 (4): 1529.
- 13) BENGTSOON, A., and G. KÖHLER (1956) Kgl. Lantbruks-Högskol. Ann. 22: 225-42.
- 14) BONOMI, A., L. ZANNONI and G.D. SERRA (1962) Rev. Zootec., 35: 16-20, 22: 56-62.
- 15) BRADY, C.J. (1960) J. Sci. Fd Agric., 11 (5): 276-84.
- 16) BRADY, C.J. (1966) Australian J. Biol. Sci., 19 (1): 123-30.
- 17) BRATZLER, J.W., R.L. COWAN and R.W. SWIFT (1956) J. Anim. Sci., 15 (1): 163-176.
- 18) BRODFIELD, A. (1962) Vermont Agric. Expt.

- Stat. Bull. No. 624, pp. 35.
- 19) BROWN, W.O. and U. SMYTH (1958) J. Agric. Sci. 50 (3): 307-11.
- 20) BROWN, W.O. (1962) Res. Exp. Rec. Minist. Agric. N. Ire. 11: 125-32.
- 21) Buysse, F. (1961) Rev. Agric., Brussels, 14: 773-778.
- 22) CALANCEA, L. and L. MOSOLOVA (1963) Lucrări sti, Cluj, 18: 261-73.
- 23) CONRAD, H.R., J.W., HIBBS, A.D. PRATT and R.R. DAVIS (1961) J. Dairy Sci., 44: 88-95.
- 24) CORDUKES, W.E. and D.A. SHEARER (1961) Canad. J. Pl. Sci., 41 (4): 720-7.
- 25) DE MAN, J.C. (1957) Antonie van Leeuwenhock J. Microbiol. Serol. 23 (1): 87-96.
- 26) DEMPSTER, D.G. (1961) J. Brit. Grassland Soc., 16: 260-262.
- 27) DE VUYST, A., M. VANBELLE and R. ARNOULD (1957) Rev. Agric., Brussels, 10: 847-62.
- 28) DE VUYST, A., M. VANBELLE and R. ARNOULD (1957) Rev. Agric., Brussels, 10: 863-880.
- 29) DE VUYST, A., M. VANBELLE, R. ARNOULD, W. VERVACK and A. MOREELS (1959) Agricultura, 8: 27-42.
- 30) DE VUYST, A., M. VANBELLE, R. ARNOULD, A. MOREELS and W. VERVACK (1960) Agricultura, 8: 703-706.
- 31) DE VUYST, A., A. MOREELS, L. HENRIET, W. VERVACK, M. VANBELLE and R. ARNOULD (1962) Agricultura, 10: 345-358.
- 32) DE VUYST, A., M. VANBELLE, G. MAESMANS, R. ARNOULD, W. VERVACK and A. MOREELS (1963) Agricultura, 10 (3): 643-57.
- 33) DE VUYST, A., R. ARNOULD, M. VANBELLE, V. ANDERSTAPPEN, L. VANSTEV, W. VERVACK and A. MOREELS (1964) Agricultura, 12 (3): 551-79.
- 34) DE VUYST, A., M. VANBELLE, R. ARNOULD, A. MAESMANS, W. VERVACK and A. MOREELS (1965) Agricultura, 13 (1): 3-23.
- 35) DE VUYST, A., J. FRATEUR, R. ARNOULD, M. VANBELLE, W. VERVACK and A. MOREELS (1965) Agricultura, 13 (3): 431-42.
- 36) DEXTER, S.T. (1957) Agron. J., 49: 483.
- 37) DEWAR, W.A. and P. McDONALD (1961) J. Sci. Fd Agric., 12 (11): 790-5.
- 38) DIJKSTRA, N.D. (1954) Versl. Landbouwk. Onderzoek., 60 (5), pp. 26.
- 39) DIJKSTRA, N.D. (1958) Versl. Landbouwk. Onderzoek., 64 (12), pp. 19.
- 40) DOUTRE, J. (1964) N.Z.J. Agric., 11: 365.
- 41) DROZDENKO, N.P. (1965) Vestn. Sel'skhoz. Nauki. Min. Sel'skhoz. SSSR 10 (3): 88-93.
- 42) DUBRAVČIĆ M.F. (1964) J. Assoc. Offic. Agric. Chem., 47: 738-744.
- 43) EMERY, R.S., L.D. BROWN, R.D. THOMAS and D. STEYERT (1966) J. Dairy Sci., 49 (5): 473.
- 44) FENNER, H. and H.D. BARNES (1965) J. Dairy Sci., 48 (10): 1324-28.
- 45) FLIPSE, R.J. and J.D. ALMQUIST (1957) J. Dairy Sci., 40: 1612-1616.
- 46) FOWLER, H.D. (1962) Irish J. Agric. Res., 1: 212.
- 47) GELLING, W.E., H.E. SHAW and J.B. HILL (1958) Agriculture, J. Minist. Agric. Engl., 65: 379-383.
- 48) GFRÖRER, F. (1963) Bayer Landw. Fb., 40 (4): 463-76.
- 49) GOUET, Ph., N. FATIANOFF, N. MORICE, N. MONHOUS and A. BARDE (1964) Inst. Pasteur, 107 (5): 711-23.
- 50) GORDON, C.H., H.M. IRVIN, C.G. MELIN and H.G. WISEMAN (1957) J. Dairy Sci., 40 (7): 789-99.
- 51) GORDON, C.H., C.G. MELIN, H.G. WISEMAN, H.M. IRVIN and J.R. McCALMONT (1958) J. Dairy Sci., 41: 1738-46.
- 52) GORDON, C.H., E.A. KANE, J.C. DERBYSHIRE, W.C. JACOBSON, C.G. MELIN and J.R. McCALMONT (1959) J. Dairy Sci., 42: 1703-11.
- 53) GORDON, C.H., J.C. DEBYSHIRE, W.C. JACOBSON, H.G. WISEMAN (1963) J. Dairy Sci., 46: 411-15.
- 54) GREENHILL, W.L. (1964) J. Brit. Grassl. Soc., 19 (2): 231-6.
- 55) GUL'ko, L.E. (1966) Dokl. TSKhA. 116: 101-4.
- 56) HSAKELL, S.R., G.I. PRITEHARD, L.B. NEWMAN, D.A. SHEARE, C.K.T. CAMERON and W.J. PIDGEN (1959) Canad. J. Animal Sci., 39: 235-9.
- 57) HASKIN, V.V. and I.Ja. TICKIJ (1959) Pticevodstvo, 8: 7-11.
- 58) HELLBERG, A. (1958) Medd. 68 stat. Husdjursförsök, pp. 40.
- 59) HELLBERG, A. (1963) Medd. 300 Fordbr. Tek. Inst., Uppsala, pp. 73.
- 60) HENDERSON, B.W., W.M. ETGEN, E.R. BERONSEK and R.W. GILBERT (1965) Rhode Island Agric. Exp. Stat. Bull. No. 381, pp. 14.
- 61) HIRST, E.L. and S. RAMSTAD (1957) J. Sci. Food Agric., 8: 727-32.
- 62) HUFFMAN, C.F. and C.W. DUNCAN (1960) Quart. Bull. Michigan Agric. Exp. Stat., 43: 261-269.
- 63) IBBOTSON, O.F. (1963) Empire J. Exptl. Agri. 31 (123): 259-66.
- 64) IKONOMOV, L., D. TODOROV and C. CVETKOVA (1962) Izv. Tsentr. Nauchno-Izsl. Vet.-Hig. Inst. Zivotinskiprod. Akad. Seleskospansk Nauki, 2: 213-23.
- 65) 井上司朗・大山嘉信 (1964) 畜試報告, 7: 51-57.
- 66) 井上司朗・大山嘉信 (1964) 畜試報告, 8: 67-

- 70.
- 67) ISAJEV, F., J. FRANZ and J. NOVÁK (1954) Sborn. čsl. Akad. Zěměd., 27: 801-516.
- 68) JAMIESON, F.W. (1957) Agriculture, J. Minist. Agric. Eng., 64: 218-221.
- 69) JENSEN, H.L., K.G. MØLLE, E. MØLLER and E.J.N. PEDERSEN (1962) Tidsskr. Planteavl, 66 (2): 256-335.
- 70) JONES, D.J.C. and D.J. FRICKER (1962) Nature, 196: 1211.
- 71) KALENIČ, E.S. (1957) Životnovodstvo, No. 6: 52-54.
- 72) KAPPELLE, D. and S. de HAAN (1957) Gestenc. Meded. 14, Cent. Inst. Landbouwk. Onderz., Wageningen 1956, pp. 6.
- 73) KARAVAEV, K.L. and G.M. MISIN (1961) Svinovodstvo, 3: 24-25.
- 74) KERR, J.A.M., W.O. BROWN and J. MORRISON (1961) Animal Prod., 3: 321-5.
- 75) KIBE, K. (1966) Jap. J. Zootech. Sci., 37 (8): 281-289.
- 76) KIERMEIER, F. (1962) Wissenschaftseigene Futter, 9 (2): 106-13.
- 77) KIM, U.I. (1966) Izv. Akad. Nauk. Koz. SSR. Ser. Biol. Nauk, 4 (1): 30-4.
- 78) KIRCHMAYER, M. (1961) Roczniki Nauk Rolinczych Ser. B. 77: 1075-88.
- 79) KIRCHMEIER, D. und F. KIERMEIER (1962) Z. Tierphys. Tierernäh. Futtermittelk. 17 (5): 264-271.
- 80) KIRCHMEIER, D. (1963) Z. Tierphys. Tierernähr. u. Futtermittelk. 18 (2): 111-14.
- 81) KIRCHMEIER, D. und F. KIERMEIER (1964) Naturwissenschaften, 51 (1): 13.
- 82) KIROV, N. and V. VASILEV (1962) Životnovodstvo, 16 (5): 32-5.
- 83) KIROV, N. (1962) Nauč. Trudove, višš. Selskostop. Inst. "Gorgi Dimitrov" (Zootehn Fak.), Bulgaria, 11: 363-70.
- 84) KIVIMÄE, A. (1956) Futterkonserv. 2: 82-88.
- 85) KLIMEŠ, I. (1957) Vědecké Práce, 145-70.
- 86) 神谷俊雄・重野嘉吉・藤田 裕 (1959/60) 岐阜大農報告, 11: 184~9; 12: 240~5.
- 87) KOLEN'KO, E.I. and O.U. ZDORIK (1966) Klim. v Sel'sk. Khoz. 4 (1): 52-5.
- 88) KROTKOVA, A.P., N.A. SAFONOV and E.A. REINTAM (1961) Tr. Mosk. Vet. Akad., 39: 148-58.
- 89) KROTKOVA, A.P., N.A. SAFONOV and E.A. REINTAM (1961) Vestn. Sel'skohoz. Nauki., 4: 89-94.
- 90) LANCASTER, R.J. and M. McNAUGHTON (1961) N.Z.J. Agric., Res., 4: 504-515.
- 91) LANCASTER, R.J. (1964) J. N.Z. Inst. Chem. 28 (2): 38-44.
- 92) LANGSTON, C.W., H. IRVIN, C.H. GORDON, C. BOUMA, H.G. WISEMAN, J.R. McCALMONT, C.G. MELIN and L.A. MOORE (1958) U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 1187, pp. 73.
- 93) LANGSTON, G.W., H.G. WISEMAN, C.H. GORDON, W.C. JACOBSON, C.G. MELIN, L.A. MOORE and J.R. McCALMONT (1962) J. Dairy Sci., 45: 396-402.
- 94) LANGSTON, C.W., R.M. CONNER and L.A. MOORE, (1962) J. Dairy Sci., 45: 544-7.
- 95) LARRABEE, W.L. and M.A. SPRAGUE (1957) J. Dairy Sci., 40 (7): 800-9.
- 96) LEATHERWOOD, J.M., R.D. MOCHRIE and W.E. THOMAS (1959) J. Anim. Sci., 18 (4): 1539.
- 97) LEATHERWOOD, J.M., R.D. MOCHIRIE, E.J. STONE and W.E. THOMAS (1963) J. Dairy Sci., 46: 124.
- 98) LEONARD, I. and T. ŻUROWSKI (1956) Roczn. Nauk rol. (B), 70: 570-571.
- 99) LESSARD, J.R., R.A. BRIGGS and J.V. SCALETTI (1961) Can. J. Plant Sci. 41: 507-16.
- 100) LESSARD, J.R. and P. McDONALD (1966) J. Sci. Food Agri., 17 (6): 257-63.
- 101) MACKENZIE, D.J. and C.B. WYLAM (1957) J. Sci. Fd Agric., 8, 38.
- 102) MACPHERSON, H.T. (1962) J. Sci. Fd Agric. 13: 29-32.
- 103) MACPHERSON, H.T. and P. VIOLANTE (1966) J. Sci. Fd Agric., 17: 124-130.
- 104) MAKSIMOVIĆ, D. and S. POBRIC (1959) Veterinaria, Sarajevo, 8: 25-35.
- 105) MAKSIMOVIĆ and S. POBRIC (1961) Veterinaria, Sarajevo, 10: 81-8.
- 106) MAKSIMOVIĆ, D. and B. BAJČETIĆ (1962) Veterinaria Sarajevo, 11: 47-52.
- 107) McCARRICK, R.B. (1962) Irish J. Agric. Res., 1 (3): 267-82.
- 108) McCARRICK, R.B. and S. O'DONOVAN (1963) Irish J. Agric. Res., 2: 21-26.
- 109) McCULLOUGH, M., L.R. SISK and O.E. SELL (1958) J. Dairy Sci., 41 (6), 796-802.
- 110) McCULLOUGH, M.E. and A.R. STASCH (1956) J. Agric. Fd. Chem., (3): 210-12.
- 111) McCULLOUGH, M.E. (1961) J. Animal Sci., 20: 288-291.
- 112) McCULLOUGH, M.E. (1962) J. Dairy Sci., 45: 1107-1108.
- 113) McDONALD, P., A.C. STIRLING, A.R. HENDERSON, W.A. DEWR, G.H. STARK, W.G., DAVIE, H.T. MACPHERSON, A.M. REID and J. SLATER (1960) Edinb. Sch. Agric. Tech. Bull. No. 24, pp. 83.
- 114) McDONALD, P., A.C. STIRLING, A.R., HENDERSON and R. WHITTENBURY (1962) J. Sci. Fd. Agric., 11: 581.
- 115) McDONALD, P., and A.R. HENDERSON (1962) J. Sci. Fd. Agric., 1: 395.

- 116) McDONALD, P., A.C., STIRLING, A.R. HENDERSON and R. WHITTENBURY (1964) J. Sci. Fd. Agric., 15: 429.
- 117) McDONALD, P., A.C., STIRLING, A.R. HENDERSON and R. WHITTENBURY (1965) J. Sci. Fd. Agric., 16: 549.
- 118) McDONALD, P., S.J. WATSON and R. WHITTENBURY (1966) Z. Tierphys. Futterm., 21 (2): 103-110.
- 119) MINSON, D.J. and R.J. LANCASTER (1965) N.Z. J. Agric. Res., 8 (3): 542-54.
- 120) MINSON, D.J. and R.J. LANCASTER (1963) N.Z. J. Agric. Res., 6: 140-6.
- 121) MIRONOVA, A.N. (1957) Svinovodstvo, 10: 41-44.
- 122) MISUSTIN, E.N. and V.A. MIRZOEVA (1963) Izv. Akad. Nauk SSSR (Bull. Acad. Sci. USSR) Ser. Biol., 6: 785-97.
- 123) 三田村健太郎・広瀬可恒 (1962) 北大農邦文紀要, 4 (1): 24-33.
- 124) 三股正年・高野信雄 (1959) 日草誌, 5 (1): 22-30.
- 125) MODJANOV, A.V., S.P. BERENCO, M.I. KOROTKOV and E.V. KISELEV (1960) Vestn. Sel'skokhoz. Nauki., 4: 38-46.
- 126) MODJANOV, A.V. (1961) Issled Inst Zhivotnovodstova, 187-97.
- 127) NORTIMER, R.G. (1960) Agriculture, J. Minist. Agric. Engl., 67: 352-6.
- 128) MOSOLOVA, E.S. (1959) Životnovodstvo, 4: 50-52.
- 129) MURDOCH, J.C. and M.C. HOLDSWORTH (1958) J. Brit. Grassl. Soc., 13: 55-60.
- 130) MURDOCH, J.C. (1960) Proc. 8 Internat. Grassl. Congr. Reading, p. 502.
- 131) MURDOCH, J.C. (1960) J. Brit. Grassl. Soc. 15: 70-73.
- 132) MURDOCH, J.C. and M.C. HOLDSWORTH, (1960) J. Brit. Grassl. Soc., 15: 240-45.
- 133) Nash, M.J. (1959) J. Brit. Grassl. Soc., 14: 65-73, 177-182.
- 134) NEHRING, K. und M. HOFFMAN (1958) Z. Landwirtschaft. Versuchs.- u. Untersuchungen, 5: 155.
- 135) NEUMARK, H. and J. ASPRIDIS (1961) Empire J. Exp. Agric., 29: 49-50.
- 136) NICOLUSSI-LECK, C. (1961) Genio, rur., 24 (1): 39-46.
- 137) NILSON, A. (1960) Kgl. Lantbruks-Högskol. Ann., 26: 1931.
- 138) NILSSON, R. and C. RYDIN (1960) Proc. 8 Internat. Grassl. Congr. Reading P. 493.
- 139) 西部慎三・荒智・平尾厚司 (1964) 北海道農試集報, 89: 78-81.
- 140) NORDFELD, S. (1956) Kgl. Lantbruks-Högskol. Ann., 22: 25-39.
- 141) 大島光昭・田先威和夫・柴田章夫 (1965) 日畜会報, 36 (11): 488-495.
- 142) ORTH, A. and W. KAUFMAN (1959) Landwirtschaft., 12: 149-159.
- 143) ORTH, A. and G. KOCH (1961) Milchwissenschaft, 16: 177-184.
- 144) 越智勇一・光岡知足・瀬加利夫・池上竹二・三浦高義 (1965) 日畜会報, 36: 317, 353.
- 145) PASINT, L.A. and F. FEMARENIS (1966) Ohio J. Sci., 66 (1): 64-8.
- 146) PAVILOVIĆ, M. (1960) Veterinaria, Sarajevo, 9 (2): 257-64.
- 147) PECZNIK, J. and I. DOROGI (1963) Agrartud Egyet. Mezogazd. Karank Kozlemen, Godollo, 35-63.
- 148) PEDERSEN, E.J.N. (1965) Tidsskr. Planteavl, 69 (3): 418-24.
- 149) PESOTSKII, V.F. (1964) Vestn. Sel'skokhoz. Nauki Vses. Akad. Selskokhoz. Nauk. 9 (5): 19-23.
- 150) PETER, V. (1957) Polnohospodarstvo, 4 (6): 1110-1133.
- 151) PODKÓWKA, W. (1963) Roczn. Nauk Rol. (B), 81: 463-486.
- 152) POLESSELLO, A. and R. GULLI (1958) Ann. Sper. Agrar., 12: 119-137.
- 153) POTTS, R.B. and E.M. KESLER (1957) J. Dairy Sci., 40: 1466-70.
- 154) PRATT, A.D. and C.F. ROGERS (1958) Ohio Fm Home Res., 43: 77.
- 155) PRATT, A.P., C.T. SETTLEMIRE and J.W. HIBBS (1963) J. Dairy Sci., 46: 1385-9.
- 156) PRESTHEGGE, K. (1959) Norges Landbrukshogsk. Beretn. Foringsfosok, No. 93, pp. 237.
- 157) PURVES, D. (1956) Chemist. and Indust. 990-1.
- 158) PURVES, D. (1958) J. Sci. Food Agr., 9, 137-140.
- 159) RADAIEVA, I.A. (1959) Mol. Prom., 9: 32-33.
- 160) RAETSKAYA, Yu.I., M.I. ROMBIDI and R.R. KIVIKUTSAN (1964) Vestn. Sel'skokhoz. Nauki Vses. Akad. Selskokhoz. Nauk., 9 (2): 16-22.
- 161) RENNER, E., O. KANDLER und F. KIERMEIER (1962) Z. Lebensmittel-Untersuch. Forsch., 117: 487-499.
- 162) RENNER, E. und F. KIERMEIER (1963) Z. Tierphys. Tierern. u. Futtermittelk., 18 (5), 257-320.
- 163) RENNER, E. und F. KIERMEIER (1963) Milch-wirtschaft, 18: 506-9.
- 164) ROUSSET, A. (1959) C.R. Acad. Sci., 249: 925-927.
- 165) RUSOFF, L.L. (1959) Paper presented at the southwest Regional ACS Meeting, Baton Rouge, Louisiana.
- 166) RUSOFF, L.L. (1959) J. Dairy Sci., 42: 392,

- 929.
- 167) RYDIN, C. (1962) Arch Mikrobiol., 38, 156-70.
- 168) RYDIN, C. (1963) K. Lantbruk. Högsk. Ann., 29 (1): 45-61.
- 169) 桜井茂作・広瀬又三郎・真田 雅 (1963) 日草誌, 9 (1): 56-60.
- 170) SALUNKE, D.K. (1956) Nature, 178: 1187.
- 171) SANDEV, S. and D. CHOVANOV (1963) Arch. Tierernähr. 13 (4): 229-34.
- 172) SARBASON, T.I. (1962) Trudy Vres. Nauc. Issled. Inst. Životnovodstvo, 24: 173-181.
- 173) 佐々木西二・佐々木 博 (1966) 日畜会報, 37 (12): 451-464.
- 174) SCHRÖDER, I. und W. LAUBE (1960) Deutsch. Landwirtsch., 11: 245-7.
- 175) SHAMIS, D.L. *et al.* (1961) Tr. Inst. Mikrobiol. i Virusol., Akad. Nauk Kaz. SSR. 5: 51-7.
- 176) SHAMIS, D.L. *et al.* (1963) Tr. Inst. Mikrobiol. i Virusol. Akad. Nauk Kaz. SSR. 7: 3-9.
- 177) SHCHELOKOVA, S.S. (1961) Prochv i Selisk-okhoz. Mikrobiol., Akad. Nauk uz. SSR. Inst. Botan, Materialy Konf., Tashkent, 237-42.
- 178) SHEARER, D.A. and W.E. CORDUKES (1962) Canad. J. Pl. Sci. 42 (4): 686-91.
- 179) SMILLIE, D.M. and J. WALKER-LOVE (1957) Scot. Agric., 36: 192-195.
- 180) STIRLING, A.C. and R. WHITTENBURY (1963) J. Appl. Bact., 26: 86.
- 181) 須藤 浩 (1955) 鹿大教研究紀要, 7: 170: 170-176.
- 182) 須藤 浩 (1956) 日畜会報, 27 (2): 99-104.
- 183) 須藤 浩 (1958) 岡大農学術, 11: 29-40.
- 184) 須藤 浩・内田仙二 (1958) 岡大農学術, 12: 15-28.
- 185) 須藤 浩 (1958) 農化, 32 (1): 14-19.
- 186) 須藤 浩・内田仙二 (1960) 岡大農学術, 15: 57-65.
- 187) 須藤 浩 (1960) サイレージの調製と利用法 (第1版) 17-18, 第4版 (1966), 140, 養賢堂, 東京.
- 188) 須藤 浩・内田仙二・清水仁英 (1963) 岡大農学術, 21: 49-57.
- 189) 須藤 浩・内田仙二・安則久雄 (1964) 岡大農学術, 24: 37-46.
- 190) 須藤 浩・内田仙二・筆保鎌吾・奥島史郎 (1966) 日草誌, 12 (2): 62.
- 191) 須藤 浩・内田仙二 (1966) 岡大農学術, 27: 49-56.
- 192) 須藤 浩・内田仙二・坂本広司 (1965) 昭和40年度農化講演要旨, 104.
- 193) 須藤 浩・内田仙二・三宅一憲 (1967) 昭和42年度農化講演要旨, 15.
- 194) SVENSSON, L. and M. TVEIT (1964) J. Sci. Fd. Agric., 15 (2): 78-82.
- 195) 高井慎二・佐々木泰斗 (1964) 第11回日本草地学会大会講演要旨, 78-79.
- 196) TARANOV, M.T. (1963) Izv. Akad. Nauk, SSSR (Bull. Acad. Sci. USSR) Ser. Biol. 6: 808-29.
- 197) TER-KARAPETJAM, M.A. and V.A. PETROSJAN (1961) Životnovodstvo, 23 (10): 54-6.
- 198) 坪松戒三・藤田 保・坂東 健 (1964) 北海道農試集報, 14: 1-17.
- 199) ULVESLI, O. and K. BREIREM (1960) Meld Norges Landbrukshogsk., 39 (16): pp. 75.
- 200) VAN KOETVELD, E.E. (1960) Landbouwk. Tijdschr., 72: 648-53.
- 201) VARAKSINA, A.S. (1961) Mikrobiologia, 30: 140-5.
- 202) VETTERAU, H. und W. HOLZSCHUH (1960/61) Jahrb. Arbeitsgemeins. Fütterungsberatung, 3: 378-382.
- 203) VOELKER, W. (1965) Ger. 1,200,111, Sep. 2, 1965. 2 pp.
- 204) VOSS, N. (1966) Wirtschaftseigene Futter, 12 (2): 161-71.
- 205) WANG, L.C. and R.H. BURRIS (1960) J. Agric. Fd. Chem. 8: 239-242.
- 206) WARD, R.M. and R.S. ALLEN (1957) J. Agric. Fd. Chem., 5: 765767.
- 207) WEISSBACH, F. und W. LAUBE (1964) Z. Landwirtsch. Versuchs-Untersuchungs., 10 (1): 65-73.
- 208) WETTERAU, H. (1959) Arch. Tierern. 9: 454-62.
- 209) WETTERAU, H. (1961) Futterkonserv., 1: 1-8.
- 210) WIERINGA, G.W. (1958) Neth. J. Agric. Sci., 6 (3): 204-10.
- 211) WIERINGA, G.W. (1959) Neth. J. Agric. Sci., 7 (2): 134-137.
- 212) WIERINGA, G.W. (1959) Neth. J. Agric. Sci., 7: 237-241.
- 213) WIERINGA, G.W. (1960) Proc. Intern. Grassl. Congr., 8, Reading, Engl. 497-502.
- 214) WIERINGA, G.W. and T. BECK (1964) Wirtschaftseigene Futter, 10 (1): 34-44.
- 215) WILSON, R.F. and J.M.A. TILLEY (1964) J. Sci. Fd. Agr., 15 (4): 208-13.
- 216) WING, J.M. and C.J. WILCOX, (1960) J. Dairy Sci., 43 (3): 445.
- 217) WISEMAN, H.G. and H.M. IRVIN (1957) J. Agric. Fd. Chem., 5: 213-15.
- 218) WISEMAN, H.G. and W.C. JACOBSON (1965) J. Agric. Chem., 13 (1), 36-9.
- 219) YU-PALFII, F., A.M. LEMISHKO, YA. YA. NAKONECHNAYA and N.G. MAKAR (1964) Vestn. Selskokhoz. Nauki, Ures. Akad. Sel'skokhoz. Nauk, 9 (9): 75-82.

- 220) ZAFREN, S. JA', I.G. ŠARABRIN and E.I. BOROVKA (1958) Zivotnovodstvo, 7: 31-37.
- 221) ZAFREN, S. JA. and L.I. NIKOLAEVA (1959) Zivotnovodstvo, 8: 36-38.
- 222) ZAHARČENKO, I.M. (1957) Zivotnovodstvo, 6, 48-51.
- 223) ZELTER, S.Z. and M. SALOMON (1959) Ann. Zootech., 8: 147-173.
- 224) ZELTER, S.Z. (1960) Proc. 8 Internat. Grassl. Congr. Reading, p. 505.
- 225) ZIMMER, E. and C.H. GORDON (1964) J. Dairy Sci., 47 (6): 652-3.
- 226) ZIMMER, E. (1964) Wirtschaftseigene Futter, 10 (1): 63-75.
- 227) ZUBRILIN, A. and I. AVTOMOV (1959) Mol. Mjas. Zivot., 12-18.
- 228) ZUMORANI, A. (1961) Chimica (Milan), 37: 12-15.