

糖密添加ならびに排気処理が生わらサイレージの品質におよぼす影響

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	木部, 久衛
巻/号	19巻1号
掲載ページ	p. 101-106
発行年月	1973年4月

糖蜜添加ならびに排気処理が生わらサイレージの品質におよぼす影響

木 部 久 衛

信州大学農学部 (長野県伊那市外)

緒 言

従来稲わらは家畜の維持飼料の一部として広く利用されているが、牧草類に比較して可消化養分総量が少なく⁶⁾、嗜好性も低い¹³⁾ので飼料価値は一般にかなり低い。しかし近年は畜産の経営規模拡大ともなまって粗飼料の不足をきたし、これを稲わらで補なう傾向が強くなってきた。一方稲作技術の進展ともなまってコンバインによる生脱穀が行なわれるようになり、刈取り直後の緑黄色をした水分含量の高い稲わら (以下生わらと記す) が生産され、これの飼料化が検討されている。

そこで本実験においては生わらのサイレージ利用を目的として、その調製法と品質について検討した。すなわち生わらの可溶性炭水化物含量は⁹⁾ イネ科牧草類の含量¹⁰⁾に比較してかなり少ないことから、これに糖蜜を添加した場合のサイレージの品質におよぼす効果、ならびに生わらは茎が中空であることから詰込み時の埋草密度を高めるための排気処理が同じくサイレージの品質にどのような影響をおよぼすかについて調査し、さらに嗜好性とも関連があるとみられる揮発性成分についてもあわせて検討を加えた。

材 料 と 方 法

供試材料として自脱型コンバインにより10月8日に刈取った生わらを3cm程度に細切したものを使用した。供試区としてはつぎの4区を設定した。すなわち1区 (生わら, 無排気), 2区 (生わら, 排気), 3区 (生わらに糖蜜2%を添加, 無排気), および4区 (生わらに糖蜜2%を添加, 排気)を設けた。なお3区および4区の場合は糖蜜を倍量の水に溶かし、また1区および2区はこれと同量の水を噴霧器によりそれぞれ添加した。サイロにはポリエチレン袋 (0.025×40×150cm, 詰込量10kg)を用い、また密封には電気封緘器を使用した。なお排気区の場合は真空ポンプ (150l/分)にて約5分間排気した後密封を行なったが、無排気区はそのま

ま密封した。これらを室温にて92日間貯蔵した後、分析に供した。

なお分析用サンプルの調製方法ならびに化学成分の分析方法は主として前報^{3,4)}に述べたとおりである。すなわちpH値はガラス電極pHメーター、揮発性脂肪酸 (以下VFAと記す)含量は減圧水蒸気蒸溜とガスクロマトグラフィー⁴⁾、乳酸含量はBarker & Summerson法¹⁾、アンモニア態窒素含量はConwayの微量拡散中和法²⁾、アミノ態窒素含量はホルモール滴定法¹²⁾によりそれぞれ分析を行なった。つぎに主としてVFA以外の揮発性成分の分析は、サイレージ2kgをとり常圧水蒸気蒸溜により溜液10lを得、これをさらに食塩で飽和した後、エーテルで抽出し、エーテル抽出液を無水芒硝で脱水した後、エーテルを溜去して残った黄褐色液についてガスクロマトグラフ (日立製, K-53形)ならびにそれに直結した質量分析計 (日立製, RMU-6形)によりそれぞれ揮発性成分を調査した。なおガスクロマトグラフィーの分析条件はつぎのとおりである。

エーテル抽出液の分析—カラム: PEG 20 M 20%, 2m, カラム温度: 70~220°C, 3°C/min., キャリヤーガス流速: 30 ml/min., N₂, 検知器: 水素焰イオン化検知器, 感度: 1/10, 試料注入量: 0.2 μl, チャート速度: 5 mm/min.

VFAの分析—カラム: ツーイーン20 (5%), ダイアソリッドS, カラム温度: 115°C (試料室温度250°C), キャリヤーガス流速: 50 ml/min., N₂, 検知器: 水素焰イオン化検知器。

結 果 と 考 察

サイレージの品質 (第1および2表)についてみるとまず水分含量では排気区が無排気区に比較して幾分低くなったが、各区間に大差はなかった。つぎにアンモニア態窒素含量については糖蜜添加の有無にかかわらず、排気処理により低下の傾向を示し、また糖蜜の添加により幾分増加する結果となった。アミノ態窒素含量について

Table 1. Total, amino and ammonia nitrogen contents of fresh rice straw silages

Trial No.	Treatment	Water	Total nitrogen	Ammonia nitrogen	Amino nitrogen	Ammonia-N
			mg/DM	mg/DM	mg/DM	Total-N
1	None	70.0	616	43.6	229	0.071
2	Air exhaustion	68.4	627	37.0	152	0.059
3	Addition of molasses*	71.4	642	60.1	168	0.094
4	Addition of molasses*, air exhaustion	68.1	656	56.1	145	0.086

* 2% of fresh rice straw

Table 2. The pH values and organic acid concentration of fresh rice straw silages (mg/100g of DM)

Trial No.	pH	Lactic	Volatile fatty acid								Total VFA
			Acet.	Prop.	i-But.	n-But.	i-Val.	n-Val.	n-Cap.	n-Capry.	
1	4.9	366	9	7	17	15	53	160	71	240	572
2	4.6	485	260	1	1	334	8	—	6	—	610
3	4.5	607	396	—	1	31	5	—	11	—	444
4	4.3	972	675	—	—	—	—	—	—	—	675

も排気処理により若干低下の傾向がうかがわれた。すなわち排気処理によって第1段階の蛋白質分解が抑えられると同時に第2段階の分解も抑えられるのではないかと推察された。なお1区のアミノ態窒素含量がかなり高かった点については、乳酸含量が少なくpH値が高かったことから貯蔵が長引くにつれて微生物による蛋白質分解が起ったことも考えられるが、これらの点については今後さらに検討する必要がある。またpH値については糖蜜の添加によりかなり低下したが、排気処理によってさらに低くなることが示された。これは主として糖蜜の添加により乳酸が増加したことから、排気によってサイロ内が嫌気状態となり乳酸発酵がさらに促進された結果によるものと考えられる。

つぎにVFAの総量は1区と3区が2区および4区に比較して低くなったが、個々のVFAについては第2表からも明らかのように、糖蜜の添加ならびに排気処理によりとくに酢酸含量が増加し、また各区のVFAの産生割合もいちじるしく異なった。すなわち1区においては8種のVFAが検出されたが、なかでも高級酸の産生割合が高くとくに吉草酸とカプリル酸の含量が高かった。しかし2区ならびに排気処理をすることにより酢酸と酪酸が大巾に増加した反面、これ以外のVFAの産生割合は非常に低くなった。このことについてはつぎのように考察される。すなわち1区の場合はアンモニア態窒素やアミノ態窒素が2区にくらべて多かったことから、発酵過程において有機酸の生成が不十分であり、その結果蛋

白質の分解が進みさらに脱アミノを経てより高級なVFAが産生されたことによるものと推察される。なお2区の場合はこれとは逆の傾向となり乳酸生成が促進されたが、その生成量が充分でなく、またpHもやや高く、また貯蔵期間もかなり長かったことなどから酪酸の生成を促したのではないかと考えられる。

糖蜜を添加した場合のVFAへの影響については、第2表からも明らかのように排気の有無にかかわらず酢酸以外の有機酸とくに高級VFAの生成をいちじるしくおさえることがわかった。したがって糖蜜の添加と排気処理の問題を有機酸生成の面から考察すると、牧草サイレージの場合は糖蜜の添加によって乳酸含量は高まる¹⁴⁾が、生わらサイレージの場合も同様な効果が示され、また排気処理については低水分サイレージの場合に乳酸生成を抑制するとの報告¹¹⁾もあるが、生わらサイレージの場合は適水分であるため排気処理により逆に乳酸生成を促進する結果となった。

以上述べたことから糖蜜の添加と排気処理はそれぞれ生わらサイレージの品質を向上するが、両処理を併用することにより一層の効果が期待できるものとする。

つぎに各サイレージの揮発性成分のガスクロマトグラムは第1図に示した通りである。これによれば1, 2, 3および4区においてそれぞれ24, 25, 26および34のピークを検出した。なお各ピークをガスクロマトグラフ直結の質量分析計により調査した結果、確認し得た物質名を図の余白に示した。また各ピークの含有割合を比較

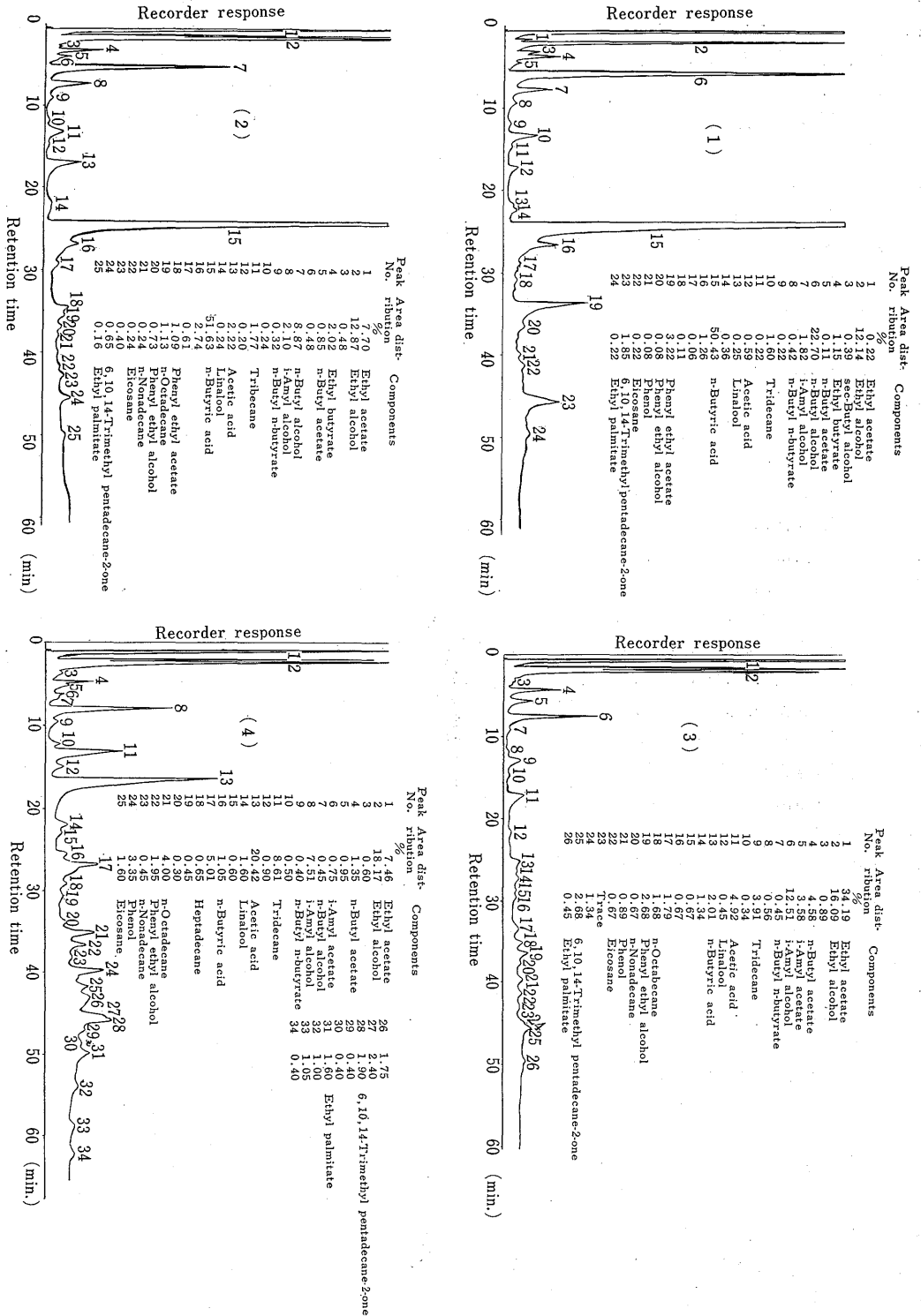


Fig. 1. Gas chromatograms of volatile constituents in extract of steam distillates from silages. (1) Control (2) Air exhaustion (3) Addition of molasses (4) Addition of molasses, air exhaustion

するために相対面積比較法により面積百分率を計算した。すなわち第1図のガスクロマトグラムの各ピーク的面積を求め、全体の面積に対する1ピーク的面積割合をもって面積百分率とした。この結果もあわせて第1図の余白に示した。

まず1区と2区の揮発性成分を比較した場合、1区には2区にみられない第二ブチルアルコールとフェノールが、また2区には1区にみられないオクタデカンとノナデカンがそれぞれ検出された。3区と4区の揮発性成分を比較した場合、4区には3区の成分のほかにブチルアルコール、ヘプタデカンが検出された。

つぎに調製条件と揮発性成分との関係について面積百分率から少しく考察すれば、糖蜜を添加することにより酪酸の面積割合がいちじるしく低下するとともに酢酸の割合が増加することが示された。また1区においては2区に比較してブチルアルコールの面積割合がいちじるしく高く、フェニル酢酸エチルも幾分高かったが、酢酸エチルについては2区の方がはるかに高かった。つぎに3区においては4区に比較して酢酸エチルの割合が圧倒的に高く、また酢酸ブチル、酢酸イソアミル、イソアミルアルコールなども高かったが、エチルアルコール、トリデカン、オクタデカン、フェノール、エイコサンなどは逆に4区の方がやや高かった。なお各区を通じて共通な成分が殆んどを占めており、とくに1区と2区ならびに3区と4区は類似の傾向を示したが、面積比率においては上述のごとくかなりの相違がみられた。

なお面積比率における変動の大きい成分は酪酸、酢酸エチルのほか酢酸、ブチルアルコール、イソアミルアルコール、エチルアルコール、酢酸ブチル、酢酸アミルなどであり、また比較的変動の少ない成分としては、酪酸ブチル、リナロール、ノナデカン、エイコサン、パルミチン酸エチルなどであった。これらのうち酪酸と酢酸はサイレージの品質鑑定上の一要因となっていることから、この両成分と他の揮発性成分との量的な関係、さらにはサイレージの品質と揮発性成分との関係も今後検討する必要がある。また原材料である稲わらと糖蜜については揮発性成分を検討していないので、これらが全体の揮発性成分の変動に対してどの程度影響したかについては不明である。

Morganら^{7,8)}によれば牧草ならびにトウモロコシサイレージ中の揮発性成分としては、有機酸類、カルボニル類、アルコール類、エステル類などそれぞれにかなりの物質が検出されているが、本実験においてはこれらの中でもとくにカルボニル化合物が同定されていない。しかし今回の未同定のピーク中にこれらの化合物が存在す

ることも考えられるが、前報⁵⁾の牧草サイレージの揮発性成分の検討結果などから比較考察して、生わらサイレージの場合は一応アルデヒドおよびケトン類の産生が牧草その他のサイレージに比較して少ないのではないとも考えられる。このことについては分析操作上の問題点たとえばアルデヒド類は水に易溶であることからエーテルへの移行がむづかしく、かつ不安定なこともあり、またガスクロマトグラフにおけるピークの出現位置もエーテル寄りになる上に比較的高沸点用のPEG 20Mを用いたためにこれらの物質が分離されなかったことも考えられるので、カルボニル類については今後さらに抽出法やカラム充填剤を検討の上あらためて調査する必要があるものと考えられる。

要 約

糖蜜の添加ならびに排気処理が生わらサイレージの品質や揮発性成分にどのような影響をおよぼすかを調査する目的で、刈取り直後の生わらを用い、つぎの4区を調製した。すなわち1区(生わら、無排気)、2区(生わら、排気)、3区(生わら+糖蜜2%添加、無排気)および4区(生わら+糖蜜2%添加、排気)を設けた。約3カ月後にこれらサイレージの品質ならびに揮発性成分をそれぞれ調査した。

1. 生わらサイレージを調製する場合は排気密封をすることによりpHが低下し、また乳酸含量も高まるが、糖蜜を添加することによりさらに品質が向上した。
2. 糖蜜無添加で無排気処理の場合には高級のVFA産生割合が多くなった。
3. 揮発性成分をガスクロマトグラフにより調査し24~34コのピークを分離した。これらをさらに質量分析計により調査した結果、酢酸、酪酸などの有機酸のほかエチルアルコール、ブチルアルコール、アミルアルコール、リナロールなどのアルコール類、酢酸エチル、酢酸ブチル、酢酸アミル、酪酸ブチル、パルミチン酸エチルなどのエステル類、トリデカン、ヘプタデカン、オクタデカン、ノナデカン、エイコサンなどのメタン系炭化水素やその誘導体のほかフェノールなども存在することがわかった。なお各ピーク的面積比率の変動中はサイレージの調製方法によりかなり異なった。

終りに臨み、揮発性成分のGC-MSによる分析をお願いした長谷川香料株式会社研究所の各位ならびに有益な示唆をいただいた本学部農芸化学科清水純夫教授に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) BARKER, S. B. and W. H. SUMMERSON: J. Biol. Chem., **138**, 538 (1941)
- 2) CONWAY, E. J.: Microdiffusion Analysis and Volumetric Error, 3rd ed., 95-96, Crosby Lockwood & Son Ltd., London (1950)
- 3) KIBE, K.: The effects of additives on the quality and nutritive value of packed silage. Jap. J. Zootech. Sci., **37**, 281-89 (1966)
- 4) KIBE, K.: Effect of addition of SMS and calcium carbonate to packed silage on quality, nutritive value and bacterial changes. Jap. J. Zootech. Sci., **38**, 141-47 (1967)
- 5) 木部久衛・神楽清三：牧草サイレーズの揮発性成分のガスクロマトグラフィーによる分析例，日本畜産学会報 **43**, 342-43 (1972)
- 6) 森本宏：飼料学，養賢堂，pp. 627 (1968)
- 7) MORGAN, M. E. and R. L. PEREIRA: Volatile constituents of grass and corn silage. I. Steam distillates. J. Dairy Sci., **45**, 457-66 (1962)
- 8) MORGAN, M. E. and R. L. PEREIRA: Volatile constituents of grass and corn silage. II. Gas-entrained aroma. J. Dairy Sci., **45**, 467-71 (1962)
- 9) 村山登・吉野実・大島正男・塚原貞雄・川原崎裕司：水稻の生育に伴う炭水化物の集積過程に関する研究，農技研報告 **B4**, 123-66 (1955)
- 10) 大山嘉信・井上司朗・小川キミエ：草サイレーズ調製の際の成分変化，とくに炭水化物に着目して，畜産試験場研究報告 **10**, 1-7 (1966)
- 11) 須藤浩・内田仙二：サイレーズの調製法に関する研究（第10報）材料の日乾およびサイロからの脱気の効果，岡山大学農学部学術報告 **32**, 35-42 (1968)
- 12) 東大農化教室：実験農芸化学（上），朝倉書店，pp. 121-22 (1962)
- 13) 山本勝治・宮本松太郎・小林進・亀田正夫・高畑茂信：乳牛に対する稲わらの給与について，日本畜産学会北陸支部会報 **19**, 6-12 (1969)
- 14) WILSON, R. K.: Effects of fertilizer N, additives and season on silage fermentation in laboratory silo. Ir. J. Agric. Res., **8**, 307-18 (1969)

(昭和47年10月18日受理)

The Effects of Addition of Molasses and Exhaustion of Air on the Chemical Quality of Fresh Rice Straw Silage

Kyuei KIBE

Faculty of Agriculture, Shinshu University (Ina-Shi, Nagano-Ken, Japan)

Summary

In order to investigate the effects of addition of molasses and exhaustion of air on the chemical quality and volatile constituents of fresh rice straw silage, four kinds of experiments concerning 1) control 2) air exhaustion 3) addition of molasses (2% of fresh rice straw) 4) addition of molasses (2% of fresh rice straw) and exhaustion of air at ensiling respectively were planned.

The fresh rice straws harvested with a threshed machine were ensiled in a polyethylene bag silo (0.025 cm thick, 40 cm diam., 150 cm height) at room temperature for 62 days. The methods of packing and chemical analysis were essentially the same as those described earlier.¹⁾²⁾ The volatile components were determined using a mass spectrometer equipped with gas chromatograph.

1. Decrease of pH value and increase of lactic acid content were observed in the fresh rice straw silage treated with air exhaustion. Moreover, the addition of some molasses showed a tendency to improve the chemical quality of silage.

2. The contents of higher VFA, above all the valeric and caprylic acid contents in the control silage prepared without treatment were very high.

3. Twenty-four or thirty-four peaks were noticed remarkably on the gas chromatograms of volatile constituents of fresh rice straw silage. In these peaks, the following components existed:

Acetic acid, n-butyric acid, ethyl alcohol, n-butyl alcohol, sec-butyl alcohol, isoamyl alcohol, linalool, ethyl acetate, n-butyl acetate, isoamyl acetate, phenyl ethyl acetate, ethyl n-butyrate, n-butyl n-butyrate, ethyl palmitate, tridecane, heptadecane, n-octadecane, n-nonadecane, eicosane, 6, 10, 14-trimethylpentadecane-2-one, and phenol.

Differences in the peak area distribution among treated silage were observed.

(J. Japan. Grassl. Sci., 19, 101~106, 1973)