

サイレージの貯蔵利用過程における養分組成および発酵品質の推移

誌名	北海道大学農学部農場研究報告 = Research bulletin of the University Farm Hokkaido University
ISSN	03856445
著者	近藤, 誠司 関根, 純二郎 劉, 建新
巻/号	25号
掲載ページ	p. 55-62
発行年月	1987年3月

サイレージの貯蔵利用過程における養分組成 および発酵品質の推移

劉 建新・近藤 誠司・*関根純二郎
大久保正彦・朝日田康司
(北海道大学農学部)
(*鳥取大学農学部)

緒 言

近年、サイレージは通年給与での利用が増加してきている。これに伴いサイレージの長期貯蔵の研究が必要になっている。サイレージ調製用原料や調製方法がサイレージの栄養価に大きく影響することは当然であるが、長期的な貯蔵過程で季節や環境温度などの変化によってサイレージの養分組成および発酵品質の変化がもたらされることも十分考えられる。従来、サイレージの貯蔵に関して調製条件が十分に満たされれば、牧草や飼料作物が一度サイレージに調製されると、長期的に貯蔵しても問題がないとされている。^{3,10,12)}しかし、毎日給与の条件下で、サイレージの取り出し作業によって、サイロへの空気の侵入が免れない。このような条件下で、サイレージの成分や品質の変化が起こることも考えられる。

北海道大学農場畜産第 2 部では、1968 年、牛舎の新築に伴い、米国 A. O. スミス社製スチール製気密サイロ“ハーベストア”2 基を導入し、粗飼料生産・貯蔵の中心として位置付け、牧草およびデントコーンを詰め込み利用してきている。大久保ら⁶⁾は当農場におけるこれら気密サイロの導入後 3 年間の利用状況について報告しているが、彼らは毎日給与の条件下でのサイレージの成分や品質の年間推移についてはほとんど触れていなかった。

そこで、本報告では慣用粗飼料である牧草サイレージ (GS) およびコーンサイレージ (CS) について、1983 年から 1984 年にかけての貯蔵・利用期間において、取り出されたサイレージを適時採取

し、サイレージの養分組成および発酵品質の推移を調べ、その結果を報告するものとする。

方 法

1. サイレージの調製および利用

1) サイレージ調製用サイロ

当農場畜産第 2 部のスチール製気密サイロ“ハーベストア”(5×12 m, 容量：水分 50%の GS で、115 t, 水分 70%の CS で 222 t) 2 基を用い、A および B サイロとした。

2) GS の調製および利用

原料牧草は当農場畜産第 2 部で生産されたオーチャードグラス主体のものであり、その他イタリアンライグラス、チモシーおよびアカクローバーも少量混入していた。牧草はディスクモアで刈り取った後、天候や作業状況により、1 日ないし数日間予乾を行い、詰め込みはフォーレージハーベスターを用いて行なった。A サイロには 1983 年 6 月 9 日～20 日、B サイロには同 21 日～29 日に詰め込んだ。A サイロのサイレージは同 7 月 1 日より 10 月上旬までの 4 か月間、B サイロのサイレージは 4 か月間貯蔵後の 11 月から翌年の 6 月までの 8 か月間に乳牛に給与した。取り出しはボトムアンローダーにより行なった。

詰め込み量は A および B サイロでそれぞれ 111 t および 79 t であった。

3) CS の調製および利用

原料コーンは当農場畜産第 2 部で生産されたもので、GS の取り出しが終了した A サイロに 1983

年10月19日-25日の間にフォーレージハーベスターで刈り取り、詰め込みを行なった。サイレージは同11月上旬から翌年の6月までの7か月間乳牛に給与した。

2. 試料採取および調製

詰め込みに際して、牧草は予乾前および後にサンプルを、コーンは詰め込み直前の原料サンプルを採取した。

取り出されたサイレージについて、GS、CSとも、サイロ開封から利用終了まで月1回（1日前後）試料を採取した。採取された試料は、1部は直ちにビニール袋に入れ、-20℃で凍結させ、サイレージの発酵品質の査定まで保存した。試料の残りは養分組成分析用サンプルとした。試料は、送風乾燥器内（約60℃）で2日間乾燥後、室温に1日以上放置したのち、Wiley粉砕機で粉砕し、分析までポリ容器に保存した。

3. 測定事項および方法

各サンプルの養分組成分析は、一般成分、デタージェント法による繊維分画（NDF、ADFおよびADL）、総エネルギー含量（GE）について行なった。サイレージの発酵品質はpHおよび有機酸組成によって評価した。

成分組成の分析方法、有機酸およびpH値の測定方法は既報²⁾の通りである。

結 果

1. 牧草サイレージ

1) 成分組成

両サイロでの原料草およびサイレージの平均成分組成はTable 1に、貯蔵利用過程における成分組成の推移はTable 2に示した。

サイロ別で各成分組成を比較するとBサイロの原料草はAサイロのものより刈り取りが約10日間遅かったため、粗蛋白質含量（CP）が低く、

Table 1. Chemical composition and gross energy (GE) content of grass and of silages

Silo	Grass	DM	OM	CP	EE	C. fiber	NFE	NDF	ADF	ADL	GE
		%		%, DM					MJ/kgDM		
A	Fresh	18.5	92.2	11.5	2.8	31.9	46.0	63.1	36.6	5.7	18.7
	Wilted	36.2	89.8	11.4	1.8	32.4	44.2	66.8	39.7	5.7	18.1
	Silage	34.5	90.4	8.9	2.6	39.6	39.3	69.3	44.6	6.3	18.3
B	Fresh	25.1	91.9	8.2	2.1	36.1	45.5	70.9	43.4	6.3	18.5
	Wilted	32.0	91.3	8.3	1.9	36.2	44.9	68.1	43.0	5.5	18.4
	Silage	31.8	88.4	10.6	3.0	38.7	36.1	69.6	45.9	7.0	18.3

Table 2. Change with storage in chemical composition and gross energy (GE) content of grass silages

Silo	A					B							
	Month	Jy	Ag	S	O	N	D	Ja	F	Mar	Ap	M	Je
DM (%)	33.2	32.4	36.7	35.8	31.1	28.3	36.0	32.4	27.8	27.0	37.0	35.0	
		%, DM											
OM	90.4	90.5	90.3	90.4	87.8	87.9	87.9	88.2	88.4	89.3	89.0	88.8	
CP	9.5	8.5	8.7	8.8	13.5	11.0	11.4	11.3	11.0	9.1	8.9	8.6	
EE	2.5	2.6	2.5	2.5	2.7	2.8	2.9	2.9	3.3	3.7	2.5	2.8	
C. fiber	37.1	40.1	39.4	41.7	37.9	37.7	37.7	37.9	38.2	41.3	40.3	38.3	
NFE	41.3	39.3	39.7	39.4	33.8	36.4	35.9	36.1	35.8	35.2	37.3	39.1	
NDF	69.1	69.8	69.2	69.0	68.0	67.7	68.4	68.8	70.1	71.2	72.7	69.8	
ADF	43.8	44.5	44.3	45.9	44.3	44.9	45.0	43.2	44.6	47.2	49.2	48.6	
ADL	5.9	5.8	6.6	6.7	6.5	6.8	6.7	6.9	6.6	6.1	8.3	8.5	
GE(MJ/kgDM)	18.6	18.2	18.3	18.2	18.7	18.2	18.3	18.4	18.7	18.6	18.2	18.1	

繊維区分の含量が高くなった。

予乾処理によって、両サイロとも原料草の乾物 (DM) 含量は 30 パーセント以上に高まり、また、A サイロに詰め込んだ原料草の DM 含量は B サイロのものより 4 % 高かった。DM あたりでみると、A, B サイロとも予乾草と生草との間に各成分の大きな差異は認められなかった。一方、サイロ別で比較してみると、生草の成分組成を反映して A サイロに詰め込んだ原料草は B サイロのものより CP が高く、繊維含量は低くなっていた。

サイレージの平均 DM 含量は詰め込み原料草とほぼ同様な値を示し、また A サイロの方が B サイロよりやや高かった。サイレージの成分組成は詰め込み原料草と比較して、両サイロとも可溶

無窒素物 (NFE) が減少し、繊維含量が増加したが、GE 含量はあまり変化しなかった。一方、CP 含量は A サイロではやや低下したのに対し、B サイロでは逆にやや上昇した。

貯蔵利用過程における各成分含量の推移についてみると、A サイロのサイレージは 4 か月の貯蔵期間中、各成分ともほとんど変化がなかった。一方、B サイロのサイレージは、8 か月の貯蔵利用過程において前・中期では各成分ともあまり変化しなかったが、後半にかけて CP 含量が低下、繊維区分の含量が上昇する傾向にあった。

2) 発酵品質

GS の pH 値および有機酸組成の平均は Table

Table 3. Means of pH and organic acid contents of grass and corn silage

Silage	pH	Acids (as is basis, %)				Flieg's index
		Total	Lactic	Acetic	Butyric	
Grass Silo A	4.5	3.7	2.8	0.4	0.5	54
		(100)	(76)	(11)	(13)	
Silo B	4.9	2.9	1.4	0.3	1.2	27
		(100)	(47)	(12)	(41)	
Corn	3.8	3.9	2.9	1.0	0.0	90
		(100)	(76)	(24)	(0)	

1) The figures in the parentheses indicate proportion of each organic acid to the total.

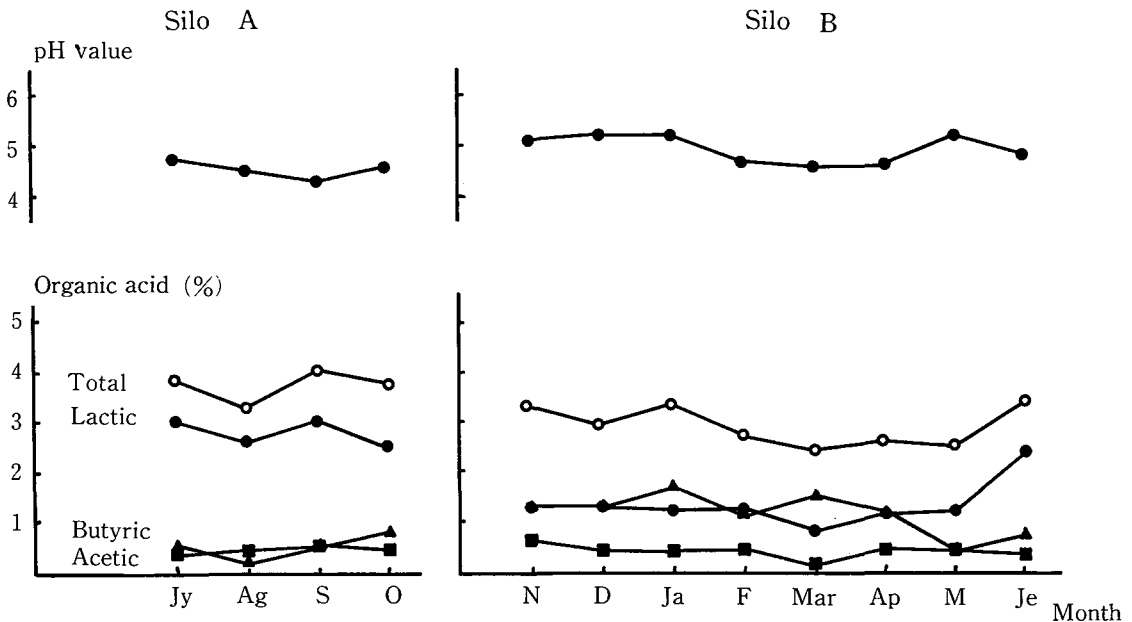


Fig. 1. Change with storage in pH value and organic acids of grass silages.

3に、貯蔵利用過程におけるそれらの経時的推移は Fig. 1 に示した。

サイレージの pH 値は 4.3-5.2 の範囲内であり、B サイロの最初 3 か月および最後の 2 か月においてやや高い値を示した。また、pH の平均値は A および B サイロでそれぞれ 4.5 および 4.9 と A サイロの方がやや低かった。

有機酸の平均総量は、原物あたりで A および B サイロでそれぞれ 3.7 および 2.9% であり、A サイロの方が B サイロよりやや高かった。有機酸組成の平均値についてみると、A サイロでは有機酸の 76% が乳酸であったのに対し、B サイロでは酪酸含量が乳酸とほぼ同様なレベルにあることが分かった。両サイロとも酢酸含量は総酸量の約 10% と低いレベルにあった。フリーク法による品質評価では、A サイロのサイレージの発酵品質は B サイロのそれより優れていた。

貯蔵利用過程における各有機酸の推移についてみると、やはり A、B サイロともほとんど変化しなかった (Fig. 1)。A サイロのサイレージは終始乳酸主体の発酵を示し、酢酸、酪酸とも 0.5% (原物あたり) の低いレベルで推移した。B サイロで

は酢酸含量は終始低かったが、酪酸含量は乳酸とほぼ同様なレベルで推移し、乳酸を上回ることもあった。

2. コーンサイレージ

1) 成分組成

原料コーンおよび CS の平均成分組成は Table 4 に、貯蔵利用過程における成分組成の推移は Table 5 に示した。

CS の成分組成は原料コーンとほぼ同様なものであった。GE 含量は CS の方が原料コーンよりやや高い値を示した。

貯蔵利用過程に於いて、有機物 (OM)、CP とも、非常に安定した含量を示した。また、繊維区分の含量は 1984 年 5 月までの 6 か月の間にほとんど変化しなかったが、最後の 1 か月にやや上昇する傾向にあった。GE 含量は終始 19 MJ/kgDM の一定のレベルで推移した。

2) 発酵品質

CS の pH 値および有機酸組成の平均は Table 3 に、貯蔵利用過程におけるそれらの経時的推移

Table 4. Chemical composition and gross energy (GE) content of fresh and of ensiled corn

Grass	DM	OM	CP	EE	C. fiber	NFE	NDF	ADF	ADL	GE
	%					%, DM				
Fresh	29.5	93.2	9.5	2.1	21.4	60.2	45.0	27.0	3.7	18.4
Silage	28.3	94.4	8.8	3.3	23.0	59.3	44.8	26.8	3.7	19.2

Table 5. Change with storage in chemical composition and gross energy (GE) content of corn silage

Month	D	Ja	F	Mar	Ap	M	Je
DM (%)	25.4	29.0	29.3	29.0	30.1	28.6	28.0
	%, DM						
OM	95.0	94.8	95.2	94.3	94.3	93.9	93.5
CP	8.8	8.7	8.1	8.8	8.7	9.6	8.9
EE	3.2	2.9	3.2	3.3	4.0	3.3	3.3
C. fiber	21.1	21.9	21.4	21.4	24.6	21.4	27.4
NFE	61.9	61.3	62.5	60.8	57.0	59.5	53.9
NDF	43.7	46.4	44.0	43.5	43.4	44.3	48.1
ADF	25.4	26.7	26.3	26.2	26.5	26.7	29.8
ADL	3.7	3.7	3.6	3.6	3.4	4.0	3.8
GE(MJ/kgDM)	19.5	19.2	19.0	19.6	19.4	18.9	18.9

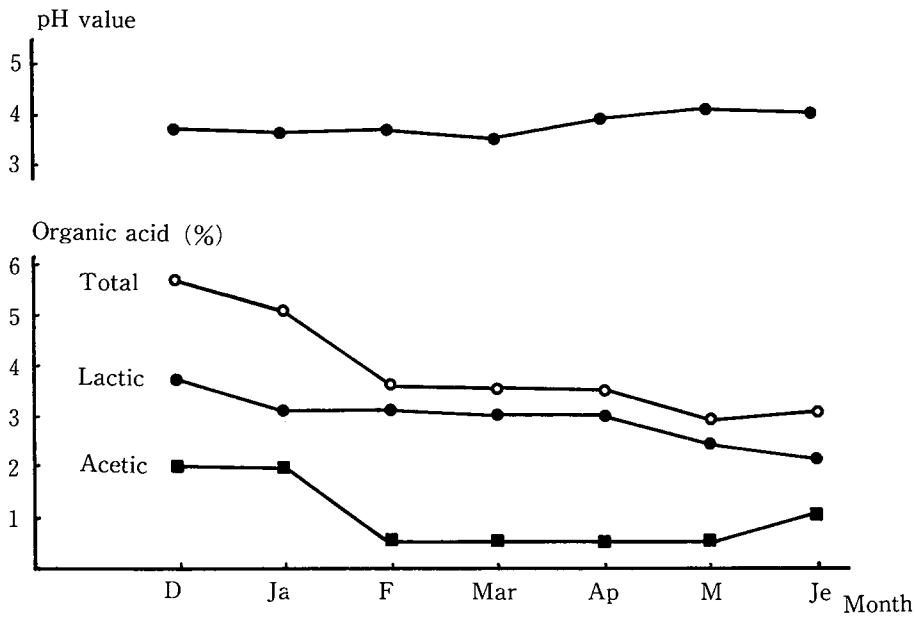


Fig. 2. Change with storage in pH value and organic acids of corn silage.

は Fig. 2 に示した。

pH 値は 3.4-4.1, 平均 3.8 で, 終始低い値で推移し, 良い発酵品質を示した。有機酸組成からみると, 貯蔵利用の全期間にかけて終始乳酸主体の発酵を示し, その乳酸含量は最初の 1 か月に最高値となり, その後, 緩やかに低下した。酢酸含量は最初の 2 か月に高く, 約 2 か月後, 急激に低下し, その後, ほぼ一定のレベルで安定した。全期間を通して酪酸含量は全く認められなかった。フリーク法による品質評価では, CS は終始極めて良好な発酵品質を示した。

考 察

A, B サイロで調製された GS とも原料牧草に比べ, 繊維含量が高い傾向にあった。それはおそらくサイレージ調製過程で起こった可溶性区分の損失によるものと思われた^{3,12)}。

詰め込み直後から 4 か月間に利用された A サイロおよび 4 か月貯蔵後から 8 か月間に利用された B サイロでの GS はサイロ別でみると, 各成分および発酵品質とも大きな変化は認められなかった。

CS は原料コーンに比較して一般成分にはほとんど差がなかったが, GE 含量は原料コーンより CS の方が高い傾向にあった。それはサイレージ調製過程で生産された発酵産物の高いエネルギー価のためと思われる¹¹⁾。McDONALD ら⁴⁾ は 6 種類のサイレージについて測定した GE は原料のそれより平均 9.3% 高かったと報告している。

7 か月の貯蔵利用期間において, CS の成分組成の変化が認められず, 発酵品質も終始良好なものであった。

本試験は牧草サイレージについて 1 年間, コーンサイレージについては冬から夏にかけての 7 か月間の調査であった。その間に環境温度の測定は行なわなかったが, 気温の年間変動はかなり大きかったと思われる。サイレージ成分および発酵品質に及ぼす温度の影響について, 高温より低温の方が望ましいと報告されていた^{5,8)} が, それらの報告はほとんど実験室的なものであった。GORDON ら¹⁾ の報告では, 環境温度が -1°C-25°C の間で変動した約 10 か月の貯蔵期間中, バンカーサイロでの温度は環境温度の変化に伴い変動して推移したが, 気密サイロでは終始一定した温度で推移し

た。彼らはサイレージ発酵に及ぼす温度の影響については触れていなかったが、気密サイロ内の温度は環境温度の影響は受けないことから、環境温度は気密サイロ内のサイレージにはあまり影響を及ぼさないと推察した。

2基のサイロで調製されたGSは、発酵品質が異なるものの、両サイロとも貯蔵期間における変化はみられなかったことから、サイレージの取り出し時の空気侵入による影響は受けなかったと考えられる。当農場ではボトムアンローダーによるサイレージの取り出しを行ない、毎日1回の取り出し後、取り出し口を蓋でしめた。このような取り出し方法では、サイロへの空気の侵入は少ないものと思われた。

Aサイロで調製されたGSはBサイロのものより優れた発酵品質を示した。両サイロの詰め込み量にはかなりの差があった。Aサイロには容量のほぼ100%まで詰め込んだが、Bサイロの詰め込み量は容量の7割にも達しなかった。即ち、Bサイロでは詰め込み時に残存した空気量が多かったため、発酵品質に悪影響を及ぼしたものと思われた。大久保ら⁶⁾の試験でも同様な結果が得られていた。大山⁷⁾はサイレージ発酵に関する総説の中で、詰め込み時にサイロ内に残存した空気そのものは発酵に対して、特に大きな悪影響を及ぼすものではないと述べているが、本試験でのBサイロでは、残存した空気量が多すぎて、呼吸作用による高温発生、好氣的条件によるグラム陰性菌の増加、それに伴う乳酸菌との競合による可溶性炭水化物の消耗、緩衝能力の増加とpH低下の遅延などから品質の低下を招いた⁹⁾と考えられる。

以上のことから、気密サイロを使う場合には牧草や飼料作物を一度サイレージに調製すれば、毎日取り出し給与の条件下でも年間を通じて安定に貯蔵でき、むしろサイレージの調製条件が決定的な意味を持つことが示唆された。

摘 要

1. 北海道大学農場の気密サイロに詰め込み、貯蔵された牧草サイレージ(GS)およびコーンサイレージ(CS)について、その貯蔵利用過程にお

ける養分組成および発酵品質の変化を調べた。

2. 詰め込み直後から4か月間に利用されたAサイロおよび4か月貯蔵後から8か月間に利用されたBサイロでの牧草サイレージは、いずれの場合も、貯蔵利用過程で各成分および発酵品質に大きな変化は認められなかった。一方、調製条件が異なるAサイロおよびBサイロのサイレージは異なる発酵品質を示した。

3. CSの成分組成は、7か月の貯蔵利用期間において、変化が認められず、発酵品質も終始低pH、乳酸主体と極めて良好なものであった。

4. 以上のことから、気密サイロを使う場合には、牧草や飼料作物を一度サイレージに調製すれば、毎日取り出し給与の条件下でも年間を通じて安定的に貯蔵でき、むしろサイレージの調製条件がサイレージ品質に対して決定的な要因であると結論した。

引用文献

1. GORDON, C. H., DERBYSHIRE, J. C. and MENEAR, J. R. : Conservation and feed value in gas-tight and bunker silos. *J. Dairy Sci.* **50** : 1109-1115. 1967
2. LIU, J., KONDO, S., SEKINE, J., OKUBO, M. and ASAHIDA, Y. : The nutritive value of grass, corn and rice silages fed to sheep at different levels. *J. Fac. Agr. Hokkaido Univ.*, **63** (1) : 125-135. 1986
3. McDONALD, P. : The Biochemistry of Silage. John Wiley & Sons, Chichester 1981
4. McDONALD, P., HENDERSON, A. R. and RALTON, I. : Energy changes during ensilage. *J. Sci. Fd Agric.* **24** : 827-834. 1973
5. McDONALD, P., HENDERSON, A. R. and WHITTENBURY, R. : The effect of temperature on ensilage. *J. Sci. Fd Agric.* **17** : 476-480. 1966
6. 大久保正彦・幾野良夫・吉田 正・朝日田康司・広瀬可恒：スチール製気密サイロによるサイレージの調製について。北海道大学農学部附属農場報告 **18** : 67-72. 1972
7. 大山嘉信：サイレージ発酵に関連する諸問題。日畜会報 **42** : 301-317. 1971
8. OHYAMA, Y., MASAKI, S. and MORIKI, T. : Effects of temperature and glucose addition on the process

- of silage fermentation. *Jpn J. Zootech. Sci.* **44** (1) : 59-67. 1973
9. RUSTON, I. B. and McDONALD, P. : The influence of oxygen on ensilage, I. Laboratory studies. *J. Sci. Fd Agric.* **25** : 107-115. 1974
10. 須藤 浩：サイレージと乾草. 養賢堂, 東京, 1971
11. WILKIN, R. J. : The nutritive value of silages. In *Recent Developments in Ruminant Nutrition.* (Haresign, W. and Cole, D. J. A. eds.) 268-282. Butterworths, London, 1981
12. WOOLFORD, M. K. : *The Silage Fermentation.* Marcel Dekker, Inc. New York & Basel, 1984

Change with Storage in Airtight Silo in Composition and Fermentation Characteristics of Grass or Corn Silage

Jianxin LIU, Seiji KONDO, Junjiro SEKINE*,

Masahiko OKUBO and Yasushi ASAHIDA

(Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan)

(* Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori, 680 Japan)

Summary

This study was conducted to investigate the change with storage in chemical composition and fermentation characteristics of grass or corn silage. Wilted grass was ensiled in two airtight silos in June and grass silage (GS) was fed to lactating cows. That in the first silo was used during four months from July to October and the second during eight months from November to June of the next year. Whole crop corn was ensiled in an airtight silo in October and corn silage (CS) was fed to lactating cows during seven months from December to June of the next year. The proximate composition, detergent fiber and the content of gross energy were monthly measured for both GS and CS. The pH value and contents of organic acid were measured to judge the quality of silages. There was little change with storage in chemical composition and fermentation characteristics for both GS and CS. On the other hand, GS ensiled in different silos did differ in fermentation characteristics due to different content of moisture in wilted grass and different amounts filled in silo. It was suggested that chemical composition and fermentation characteristics of silages in airtight silo did not greatly change day to day throughout a year and that a determination of silage quality was the condition in which the silage was prepared.