

生育熟度の異なるトウモロコシを材料として 調製したサイレージの飼料価値

— 第1報 牛による消化性と第一胃内性状 —

岡 本 明 治¹

(受理: 1989年5月30日)

Feeding value in silage of corn harvested
at the different stages of maturity.

— 1. Digestibility and rumen liquid characteristics in dairy cows —

Meiji OKAMOTO¹

摘 要

生育熟度を異にして収穫したトウモロコシ (*Zea mays* L.) を材料として調製したサイレージの飼料価値を、乳牛による消化率、第一胃内性状から検討した。すなわち、トウモロコシを乳熟期、黄熟期、完熟期に収穫し、サイレージを調製した。これらのサイレージを乾乳牛に飽食させて、3×3のラテン方格法により消化率を測定した。また、フィステル装着牛を用いて第一胃内の揮発性脂肪酸含量を測定した。結果は以下のように要約される。1) トウモロコシは生育が進むにつれて乾物率が増し、デンプン含量が増加してエネルギー濃度が高まる。反対に粗蛋白質や粗脂肪、繊維成分の割合は減少する。2) 消化率は熟期が進むにつれて低下する傾向があり、乳熟期収穫調製と他の熟期収穫調製サイレージ間において粗蛋白質 ($p < 0.01$, 0.05), 粗脂肪, ADF ($p < 0.01$) に有意な差がみられた。また、デンプンにおいて完熟期収穫調製で子実の糞中排泄が多く、他の熟期収穫調製サイレージと比較して有意に低い消化率を示した ($P < 0.01$)。3) 第一胃内の発酵は、完熟期収穫調製サイレージ給与時が他の熟期収穫調製サイレージ給与時と比べて、pHが高く、総VFA濃度が低い値で推移した。

Key word: Corn silage. Digestibility. Rumen fermentation.
Maturity of corn.

1 帯広畜産大学草地学科草地利用学研究室
〒080 北海道帯広市稲田町

1 Laboratory of Grassland Utilization, Department of Grassland Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido, 080, Japan.

緒 言

粗飼料のなかでトウモロコシサイレーズの占める位置は大きく、その品質の差は産乳量に直接的に影響する。近年、早生品種の導入によって子実割合を高めたサイレーズが調製され、高エネルギー飼料として利用されているが、収穫時の生育熟度の影響についての乳牛による検討例は少ない。本研究は、生育熟度を異にして収穫したトウモロコシを材料として調製したサイレーズの飼料価値を乳牛による消化性と第一胃内性状から検討した。

材 料 と 方 法

供試トウモロコシは (*Zea mays* L.) は、バイオニア早生種を用いた。このトウモロコシを1980年9月30日(乳熟期)、10月5日(黄熟期)、10月29日(完熟期)に収穫して、12t容小型実験サイロを用いてそれぞれをサイレーズ調製した。

供試家畜は、体重600~790kgのホルスタイン種乾乳牛6頭、うち第一胃フィステル装着牛2頭を用いた。これらを1群2頭として、3×3ラテン方格法¹³⁾、全糞採取法により消化試験⁹⁾を実施した。

飼料給与量は、単一給与で、給与量の10%程度の残飼が出るように朝夕2回に分けて給与した。

試験期間は、予備期14日間、本試験期7日間で行い、本試験最終日にフィステル装着牛より第一胃液を経時的に採取した。

一般成分は常法^{6, 12)}により、粗デンプンはグルコアミラーゼ・アンスロン法⁵⁾、揮発性脂肪酸(以後VFAと略す)の定量はガスクロマトグラフィー⁸⁾により、

乳酸の定量はパーカー・サマーソン法⁶⁾によった。

結 果

(1) 供試サイレーズの品質

サイレーズの発酵品質の特徴は、乳熟期収穫調製サイレーズ(以後乳熟期サイレーズと略す)のpHが最も低く、熟度が進むにつれて高くなった。乳酸含量は乳熟期サイレーズが他の熟期収穫のサイレーズよりも高い値を示した。全窒素中に占めるアンモニア態窒素の割合も10%以下であった(Table 1)。

各熟期調製サイレーズの化学成分の特徴は、熟期の進展に伴う乾物、粗デンプン含有率の増加である⁶⁾。乳熟期サイレーズでは、19.9%のデンプン含量であったものが、完熟期収穫調製サイレーズ(以後完熟期サイレーズと略す)において32.8%に増加している。反対に粗蛋白質、粗脂肪、ADF含有率は低下している(Table 2)。

(2) 採食量と消化率

本試験は自由採食の状態で行われた。体重あたりの乾物摂取割合は完熟期サイレーズで若干少なかったが、乳熟期サイレーズと黄熟期収穫調製サイレーズ(以後黄熟期サイレーズと略す)の差異は認められなかった(Table 3)。

乾物、有機物の消化率は、完熟期サイレーズでやや低下する傾向にあるが、有意な差ではなかった。しかし粗蛋白質は乳熟期サイレーズと他の熟期サイレーズで有意差が認められ、乳熟期サイレーズの消化率が高い値を示した($p < 0.05, 0.01$)。同様の傾向は、粗脂肪、ADFでも認められ、特にADF消化率は熟度の進

Table 1. Quality of corn silage at three different maturing stages.

Maturing stage (date of harvest)	pH	Acids (% in fresh silage)					NH ₃ -N ¹⁾
		Lactic	Acetic	Propionic	Butyric	Total	
Milk-ripe (September 30)	3.4	1.80	0.50	0.07	0.02	2.39	9.9
Yellow-ripe (October 5)	3.5	1.40	0.50	0.05	—	1.95	7.4
Full-ripe (October 29)	3.7	1.50	0.35	0.05	—	1.90	6.5

1) % of total nitrogen

Table 2. Chemical composition of corn silage at three different maturing stage

	Milk-ripe (September 30)	Yellow-ripe (October 5)	Full-ripe (October 29)
Dry matter (%)	23.5	28.8	40.5
Organic matter (DM%)	95.5	95.3	96.2
Crude protein (DM%)	9.3	7.5	7.1
Crude fat (DM%)	5.0	4.1	3.7
ADF (DM%)	30.0	23.5	21.6
Crude starch (DM%)	19.9	28.1	32.8

(): date of harvest

Table 3. Intake and digestibility of corn silage at three different maturing stages fed cows.

	Milk-ripe (September 30)	Yellow-ripe (October 5)	Full-ripe (October 29)
kg of intake per 100kg body weight	1.31	1.37	1.26
Digestibility (%)			
Dry matter	64.5	65.2	62.8
Organic matter	66.8	67.6	64.8
Crude protein	52.8 ^{ac}	47.2 ^d	44.4 ^b
Crude fat	89.3 ^a	83.6 ^b	80.7 ^b
ADF	49.4 ^a	40.2 ^b	31.2 ^b
Crude starch	98.1 ^a	92.3 ^a	84.0 ^b

(): date of harvest

a and b ($P < 1\%$), c and d ($p < 5\%$): differ significantly, respectively.

展に伴う低下が大きかった ($p < 0.01$)。粗テンブンの消化率は、完熟期サイレーズが84%と最も低く、他の熟期サイレーズと有意な差 ($p < 0.01$) がみられた (Table 3)。

(3) 第一胃内性状

第一胃内容物のpH、アンモニア態窒素濃度、総VFA濃度の経時的变化をFig. 1に示した。pHの変化は、完熟期サイレーズを給与した時が他の熟期サイレーズを給与した時よりも高い値で推移した。アンモニア態窒素濃度は、乳熟期サイレーズ給与が高く、次いで黄熟期、完熟期サイレーズの順序であった。総VFA濃度は乳熟期も黄熟期サイレーズ給与時もほぼ同様の

傾向で推移したが、完熟期サイレーズ給与時では変化が小さく、低い値で推移した。

考 察

供試サイレーズの発酵品質をみると、材料の水分含量や、水溶性炭水化物含量の違いが発酵に影響し、pHや、乳酸含量に若干の差異をもたらしたと予想される。しかし、各サイレーズともpHが十分に低く、総VFA含量もほとんど差異が認められないことから、各熟期サイレーズとも良好な発酵状態であったと考えられる。

熟期の進展に伴う粗テンブン含量の増加は子実由来するものであり、トウモロコシサイレーズの特徴が

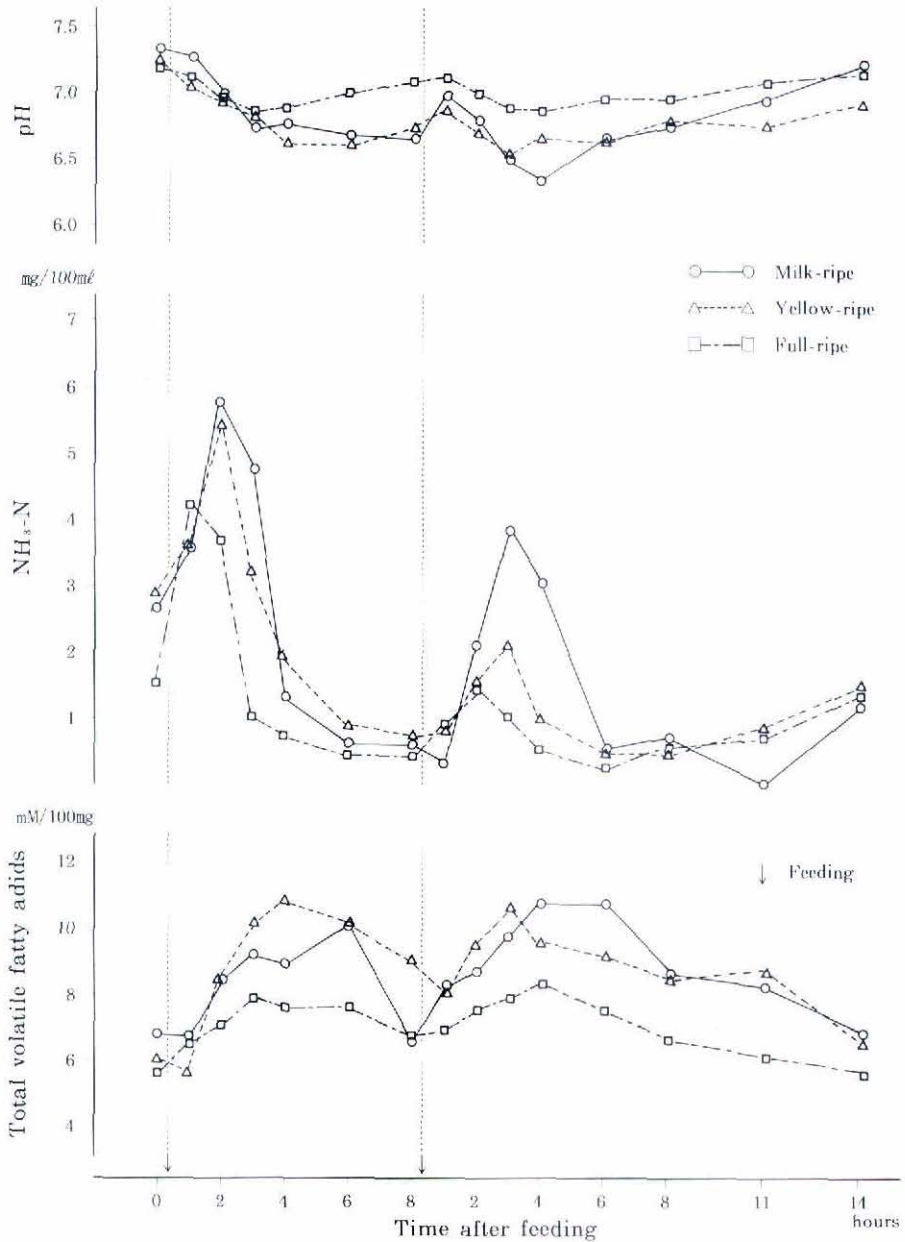


Figure 1. pH and concentration of $\text{NH}_3\text{-N}$ and VFA in rumen of cows fed corn silage at three different maturing stages.

現れている¹⁾。茎葉の木質化や枯死は、茎葉部に多く含まれている非蛋白態窒素や、葉緑素の減少を招く。一般的に茎葉部位には可溶性の蛋白質が、子実部位には低溶解性の蛋白質が多く存在するが、熟期が進むと子実蛋白質の割合が高くなり、完熟期には全蛋白質含

量の70%程度になることが報告されている¹⁾。

ADF含有率の低下は生育の進展に伴いトウモロコシ雌穂重が増加し、ADFが多く含まれている茎葉の比率が相対的に小さくなったためであろう。

体重あたり乾物摂取量は完熟期サイレージにおいて

少ない。完熟期では被霜などで水分含有率が低下し、茎葉割合も乳熟期サイレージに比べて低下していた。水分含有率の低下すなわち乾物含有率の増加は採食量の増加につながるが知られているが⁹⁾、本試験では逆に減少した。これは、蛋白質含有率の減少や繊維成分のゆるやかな消化などが影響していると考えられた¹⁰⁾。

粗蛋白質、粗脂肪の消化率で乳熟期サイレージと他の熟期サイレージとの有意な差は、熟度の進展による含有量の減少が原因と考えられる。ADF消化率の低下は、繊維成分の結合状態の変化や蛋白質の減少などが影響しているであろう¹¹⁾。

トウモロコシサイレージの未消化子実の排泄は、デンプン消化率の低下につながる⁸⁾。生育熟度が進むことにより子実重の割合が増加し、比重も大きくなり硬度も増す。その結果、反芻過程で他の飼料と分離され第4胃以降への移行が促される。

各熟期サイレージを給与した時の第一胃内発酵の状態は、完熟期サイレージが乳熟期、黄熟期サイレージ給与時よりも高いpH値で推移し、しかも変化が小さかった。これは、茎葉部位の粗剛性が増したことにより採食時間が長引き唾液の混入量が他の熟期サイレージ給与時よりも多くなったことが原因の一つと考えられる。第一胃内で産生されるVFAの濃度は、給与した飼料の量と性質により影響をうけ、¹²⁾また、第一胃内のpH、アンモニア態素濃度、蛋白質の溶解性などが、それぞれ互いに影響しあっている¹³⁾。完熟期サイレージにおいて、第一胃内性状が比較的安定していることは発酵にとって好都合であるが、総VFA濃度が低いことと矛盾する。

トウモロコシが完熟期に収穫された場合、乾物率が増し、子実中のデンプン含量も増加して、よりエネルギー濃度の高い飼料となるが、発酵に必要な十分量の溶解性蛋白質が不足することが予想される。BERGENら²⁾もトウモロコシサイレージを単一給与した場合、第一胃内アンモニア量の不足によりセルロースの消化率が低下することを示唆している。

以上、生育熟期の違うトウモロコシを材料として調製されたサイレージは、熟期によって特徴がみられ、生育が進むにつれて子実中デンプン含量の増加によりエネルギー値が高まるが、茎葉部分の繊維は結合が強固になり消化率は低下する。従って、未熟や、過熟の生育時期に収穫することは避けなければならない。

引用文献

- 1) 阿部 亮: トウモロコシサイレージの飼料価値。畜産の研究。33: 751-757. 1979.
- 2) BERGEN, W. G. and M. T. YOKOYAMA: Productive limits to rumen fermentation. J. Anim. Sci., 46: 573-584. 1977.
- 3) BRYANT, H. T., J. H. HUBER and T. E. BLASEIC: Comparison of corn silage harvested at the milk and medium-dough stage of maturity for dry matter intake, digestibility and milk production of lactating cows. J. Dairy Sci., 48: 833 (Abstr). 1965.
- 4) 和泉康史: トウモロコシサイレージの摂取量がウシの第一胃内揮発性脂肪酸の産生に及ぼす影響。日畜会報。45: 194-199. 1974.
- 5) 森本 宏: 動物栄養試験法。養賢堂。東京。1971.
- 6) 日本飼養標準: 乳牛。農林水産技術会議事務局編。中央畜産会。1987.
- 7) 名久井 忠, 岩崎 薫, 早川政一, 阿部 亮: 高エネルギートウモロコシサイレージの調製と利用に関する試験。農水省北農試畑作部1978年度成績会議資料: 1-116. 1979.
- 8) 名久井 忠, 阿部 亮, 岩崎 薫, 早川政一: トウモロコシサイレージ中の子実が牛糞中に排泄される割合。日草誌。23: 84-85. 1977.
- 9) NRC: Nutrient requirements of dairy cattle. 6 revised edition. National Academy Press. Washington, D. C. 1988.
- 10) NRC: Ruminant nitrogen usage. National Academy Press. Washington, D. C. 1985.
- 11) SUDWEEKS, E. M., O. L. ELY and L. R. SISK: Effect of particle size of corn silage on digestibility and rumen fermentation. J. Dairy Sci., 62: 292-296. 1979.
- 12) VAN SOEST, P. J: Use of detergents in analysis of fibrous feeds. 3. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. J. A. O. A. C., 48: 785-790. 1965.
- 13) 吉田 実: 畜産を中心とする実験計画法。養賢堂。東京。68-237. 1975.

謝 辞

本研究の実施にあたり、草地利用学研究室の学生諸氏および附属農場の教職員の皆様に多大なる協力を頂いた。また、北海道大学農学部朝日田康司教授には本論文の校閲を賜った。また、本研究の当初より吉田則人教授には、終始懇切な指導を賜った。記して謝意を表す。

Summary

This study was conducted to estimate the feeding value of silage using corn harvested at different stages of maturity, i.e. milk ripe stage, yellow ripe and full ripe stage.

Six Holstein cows were used in a 3×3 Latin square design to determine silage digestibility and rumen liquid characteristics.

The cows were fed corn silage twice a

day and rumen liquid was collected 5 times a day using rumen fistula.

The results obtained are summarized as follows: 1) As corn matures the percentage of dry matter and crude starch and energy fraction increases, while the percentage of crude protein, crude fat and ADF decrease.

2) The digestibility of crude protein, crude fat and ADF at milk ripe stage was higher than of yellow ripe stage and full ripe stage ($p < 0.1$ and $p < 0.01$, respectively).

3) The digestibility of crude starch at milk ripe stage was higher than that of full ripe stage ($p < 0.01$).

4) When fed silage of corn harvested at the full ripe stage, rumen liquid pH was higher and total rumen VFA content was lower than those of harvested at the milk ripe stage and the yellow ripe stage.