九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

グリーンパニック高水分サイレージの発酵品質に及ぼす発酵源の量と種類の影響

小林, 民憲
九州大学農学部飼料学教室

山野, 大偉治
九州大学農学部飼料学教室

五斗, 一郎
九州大学農学部飼料学教室

https://doi.org/10.15017/22229

出版情報：九州大學農學部學藝雜誌. 41 (1/2), pp.15-20, 1987-02. 九州大學農學部
バージョン：
権利関係：

九大農学芸誌 (Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.)
第41巻 第1・2号 15-20 (1987)

グリーンパニック高水分サイレージの発酵品質に及ぼす発酵源の量と種類の影響

小林民憲・山野大偉治・五斗一郎
九州大学農学部飼料学教室
(1986年6月24日 受理)

The Effect of Addition of Carbohydrates Sources on the Quality of Green Panic Silages

TAMINORI KOBAYASHI, DAIJI YAMANO and ICHIRO GOTO
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-06, Fukuoka 812

緒　　言

暖地型イネ科牧草グリーンパニック (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) は，全非構造性炭水化物 (TNC) 含有率が低く，その発酵源無添加サイレージでは，埋蔵初期において酪酸菌の活動を抑制する pH 4.2 以下 (須藤，1971) にするための十分量の乳酸を生成しないため，埋蔵 21 日目以降に急速に品質が劣化し，酪酸生成量の増加とともに，タンパク質の分解すなわちアンモニア態窒素の増加をもたらす．すなわち，埋蔵時の TNC 含量は，初期の乳酸発酵への影響を通じて，熟成期以後の品質に影響する．従つて，それ以後の長期保蔵には，高水分の場合，易利用性炭水化物源の添加が必要不可欠であることを前報 (山野ら，1987) で示した．

寒地型イネ科牧草類のサイレージにおいては，各種炭水化物源の添加試験 (大山・柾木，1968 a；大山・柾木，1968 b；須藤ら，1971) が行われており，乳酸発酵促進のための添加炭水化物源としては，グルコースが最も効果が大きく，デンプンでは小さいことが示されている．暖地型イネ科牧草において，Catchpoole (1965) は，セタリア (*Setaria sphacelata* cv. Nandi) とローズグラス (*Chloris gayana*) サイレージにおいて，シュクロース (2%) 添加は初期乳酸発酵と pH 低下を促進するが，その効果は十分でなく長期 (185 日) 埋蔵中に劣化することを認めている．また，小林ら (1980) は，グリーンパニックとローズグラスにおいて 5%のグルコース添加の効果が大きいことを認めている．しかし，4%グルコース添加 (グリーンパニック) では 84 日の保蔵ではやや品質が低下した (山野ら，1987)．従つて，暖地型イネ科牧草においては，良品質サイレージ調製のための易利用性炭水化物添加率の検討がさらに必要である．また，グルコース以外の炭水化物源の添加による利用性の検討も残されている．

そこで，暖地型イネ科牧草グリーンパニックのサイレージ利用の基礎的研究として，本研究では，グルコース，デンプン及び粉砕コーンの炭水化物源の添加量がサイレージの発酵品質に及ぼす影響及び添加炭水化物の利用性について検討を行つた．

材料と方法

材料草の栽培：1981 年秋に自然下種したグリーンパニック草地を翌年 5 月 21 日に耕転，整地し，基肥 (3 要素各 2 kg/a，苦土石灰 20 kg/a) を施用した．1 番草 (穂ばらみ～出穂期，7 月 27 日) 刈取り後，同量の追肥を行つた 2 番草 (出穂期) を 9 月 13 日に収穫し，試験に供した．なお，この 2 番草の乾物収量は 67.09 kg/a であつた．

サイレージ調製：実験サイロとしてブンゼンバルブを付けた 2 l 容ポリエチレン製広口びんを用い，材料草を刈取り直後約 2 cm に細切し，以下の添加物を混合して 1.1 kg (新鮮物) 詰込み，20°C の恒温室に保蔵した．

添加物処理：グルコース及びデンプン (可溶性) は

試薬1級，コーンは飼料用圧ぺんトウモロコシを粉砕して用い，新鮮物当たりで添加した．グルコース＋デンプンとデンプンは，それぞれTNCとしてのグルコース4％及び8％相当の添加量とし，コーンはそれらの中間に相当する添加量とし，以下の処理区を設けた．すなわち，

1. 無添加対照区
2. グルコース添加区；2，4，8％の3処理，
3. グルコース＋デンプン添加区；2+2.1，4+4.2％の2処理，
4. デンプン添加区；4.2，8.4％の2処理，
5. コーン11％添加区，の計9処理区である．

反復サイロ数はそれぞれ2としたが，グルコース2％添加区だけは1とし，いずれも保蔵期間を55日とした．

サイレージの品質調査及び材料草とサイレージの化学分析は，前報（山野ら，1987）と同じであるが，さらに，デンプンを80％エタノール抽出残渣について全非構造性炭水化物（TNC）と同様の方法で定量し，TNCからデンプンを差し引いた値を全糖とした．非構造性炭水化物含有率はすべてグルコースとしての値として示した．

結　　果

材料草の成分

Table 1 に無添加，グルコース，グルコース＋デンプン，デンプン及びコーン添加区それぞれの埋蔵材料の乾物率及び成分を示した．

材料草の乾物率（DM），全窒素（T-N）及び全非構造性炭水化物（TNC）含有率は，前報（山野ら，1987）の材料草よりやや高かつた．TNC含有率は，計算値であるが，グルコース2％，4％及び8％添加でそれぞれ約11，17，27％に高まつた．グルコース＋デンプン及びデンプン添加ではグルコース（4及び8％）添加区とほぼ等しい値となり，コーン添加区はグルコース4％と8％とのほぼ中間の値であつた．DMは添加率が高いと高くなり，T-N含有率は窒素を含有するコーン添加区だけが添加により高まつた．

サイレージの発酵品質

Table 2 に無添加，グルコース，グルコース＋デンプン，デンプン及びコーン添加区サイレージの成分及び発酵品質を示した．

無添加対照区のpHは，5.12と高く，乳酸及び酢酸含有率は約0.9％であり，酪酸含有率は，0.16％であつた．またアンモニア態窒素（NH_3-N）比率は約20％であつた．前報（山野ら，1987）の結果（42，84日目）と比較して，有機酸生成量が多く，pHは低いが，NH_3-N比率は高かつた．

これに対し，グルコース添加区の場合，2％添加で酪酸の生成が認められず，4％及び8％に添加率を増すと，pH及びNH_3-N比率は低下し，酢酸は大きくは変わらないが，乳酸含有率は高まつた．

グルコース＋デンプン添加区については，2+2.1％添加区は，TNC含有率としてはグルコース4％添加区に相当するが，pH，各有機酸含有率及びNH_3-N比率はグルコース2％添加区に近い値となつた．一方，グルコース8％添加区に相当する4+4.2％添加区では発酵全体が抑制されたが，各有機酸の比率は，グルコース4％添加区と同様であつた．

デンプン4.2％添加区では，酪酸の生成はみられなかつたものの，乳酸より酢酸含有率が高い「酢酸サイレージ」となり，pHも4.67とやや高い値を示し，グルコース2％添加区と無添加区との間に位置した．デンプン8.4％添加区では，グルコース2％添加区とやや近い有機酸含有率であつたが，NH_3-N比率が高まり，pHが高くなつた．

また，埋蔵材料中のTNC含有率がグルコース4％

Table 1. Contents (% dry wt) of dry matter (DM), total nitrogen (T-N), total non-structural carbohydrates (TNC), starch and total sugars (TS, EtOH-soluble sugars) in the materials ensiled.

	Control	+ Glucose (%)			+ Glucose + Starch (%)		+ Starch (%)		+ Ground corn (%)
		2	4	8	2+2.1	4+4.2	4.2	8.4	11
DM	25.41±0.75	26.87	28.28	30.94	28.35	31.06	28.41	31.20	31.45
T-N	1.87±0.07	1.73	1.62	1.42	1.61	1.41	1.60	1.41	1.99
TNC	3.95±0.28	10.96	17.01	26.95	16.96	26.63	16.90	26.63	23.00
Starch	1.17±0.11	1.08	1.01	0.89	7.78	13.92	14.51	24.54	19.43
TS	2.78	9.88	16.00	26.06	9.18	12.71	2.39	2.09	3.57

Figures show mean values and standard deviations for four replications and calculated valus for materials with different carbohydrate sources.

と8%とのほぼ中間に当たるコーン（11%）添加区では，グルコース4%添加区の発酵促進効果に相当した．

フリーク評価法及びNH_3-N比率による評点とも，デンプン4.2%添加区を除くすべての添加区で極めて良品質サイレージとなつた．

非構造性炭水化物の利用性

サイレージ中の非構造性炭水化物含有率，消費量，消費率及び有機酸生成効率については Table 3 に示した．

サイレージに残存したTNC含有率は無添加区で最も低く，デンプン8.4%添加区で最も高く，また，いずれも添加率が高いと高くなつた．グルコース添加区では全糖が多く残存し，逆に，グルコース＋デンプン，デンプン及びコーン添加区では全糖が少なく，デンプンが多く残存した．

グルコース添加の場合，発酵中のTNC消費率は，無添加区の約80%に対し，グルコース2%添加区では約73%，4%及び8%添加区では59%前後であつた．TNCのうち材料草にもとから存在したデンプンの消費率は無添加及びグルコース2%添加区では約26，41%と高

Table 2. Chemical quality and comoposition (% wet wt) of the silages with different carbohydrate sources.

	Control	+ Glucose (%)			+ Glucose + Starch (%)		+ Starch (%)		+ Ground corn (%)	LSD
		2	4	8	2+2.1	4+4.2	4.2	8.4	11	
pH	5.12	4.02	3.95	3.81	4.13	4.01	4.67	4.18	4.07	0.33
Lactic acid %	0.91	2.15	2.34	3.45	2.20	1.55	0.95	1.88	2.47	1.57
Acetic acid %	0.90	0.42	0.30	0.31	0.51	0.21	1.09	0.47	0.34	0.35
Butyric acid %	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	−
Total acid %	1.97	2.57	2.64	3.76	2.71	1.75	2.05	2.34	2.81	NS
Score*	20	99	100	100	98	100	61	98	100	−
NH_3-N % of T-N	20.2	7.7	5.6	4.2	8.2	4.0	13.5	9.7	6.0	5.2
Score**	40	88	95	99	86	100	66	81	93	−
DM %	23.96	25.05	26.75	27.52	21.96	25.38	22.57	26.88	27.11	2.72

Figures show mean values and least significant differences (LSD) at 5% level for two replications except for the + glucose 2%.

* Evaluated by the Flieg's appraisal method.

** Evaluated by the Sutoh's appraisal method.

Table 3. Contents (% dry wt) and consumption of non-structural carbohydrates in the silages with different carbohydrate sources.

	Control	+ Glucose (%)			+ Glucose + Starch (%)		+ Starch (%)		+ Ground corn (%)	LSD
		2	4	8	2+2.1	4+4.2	4.2	8 .4	11	
Content %										
TNC	0.84	3.11	7.29	12.56	5.15	9.62	8.73	15.53	10.70	4.47
Starch	0.73	0.86	1.04	0.97	4.75	7.67	8.62	15.52	9.72	2.63
TS	0.11	2.25	6.25	11.59	0.40	1.95	0.11	0.01	0.98	−
Consumption g/100g wet wt*										
TNC	0.80	2.17	2.86	4.88	3.68	5.87	2.83	4.13	4.33	−
Starch	0.12	0.07	0.01	0.01	1.16	2.38	2.18	3.48	3.48	−
TS	0.68	2.09	2.85	4.87	2.51	3.45	0.65	0.64	0.86	−
Consumption ratio %**										
TNC	79.9	73.5	59.5	58.5	76.5	70.5	59.0	49.8	59.9	−
Starch	41.2	25.8	2.6	3.1	52.7	55.0	52.8	45.5	56.9	−
TS	96.3	78.8	63.1	60.4	96.6	87.5	96.3	99.6	76.3	−
Organic acids producton ratio %***										
	2.46	1.18	0.92	0.77	0.74	0.30	0.72	0.57	0.65	−

* TNC amount ensiled−TNC amount in silage

** 100×(TNC amount ensiled−TNC amount in silage)/ TNC amount ensiled

*** 100× Amount of total acids/amount of TNC consumption

いのに対し，グルコース4％以上添加ではごくわずかであり，全糖の消費率はグルコース添加率の増大に伴い低下するが約60～79％であつた．グルコース添加率が高いと消費量も増すが，総酸量/TNC消費量の値（有機酸生成効率）は低下した．

グルコース＋デンプン添加では，TNC消費率は対応するグルコース添加区より高く，消費量も多かつた．TNC中のデンプンは50％以上消費するとともに，全糖はほとんど消費した．しかし，有機酸生成効率は対応するグルコース添加区と比べ，とくに4＋4.2％添加区ではかなり低い値を示した．

デンプン添加区でのTNC消費率は，対応するグルコース＋デンプン添加区より低かつたが，グルコース添加区とは消費率，消費量とも大差はなかつた．デンプンの消費量は，グルコース＋デンプン添加区より多いが，消費率は同様に50％前後であつた．この場合，全糖はもともと材料草に存在するもので，ほとんどすべて消費した．有機酸生成効率は4.2％添加区ではグルコース＋デンプン添加区と大差なかつたが，8.4％添加区ではやや高くなつた．

コーン添加区では，デンプン消費率はグルコース＋デンプン及びデンプン添加区より若干高いが，全糖消費率はやや低く，TNCの消費量はグルコース＋デンプン添加の2区の中間の値で，有機酸生成効率はデンプン添加の2区の中間であることを示した．

考　　察

本試験において，グルコース添加は2％でも十分良質（フリーク評点99点）なサイレージとなつた．さらにグルコース4及び8％の添加で材料中のTNC含有率をそれぞれ約17，27％と高めた場合には，埋蔵初期に乳酸が多く生成された結果，pHは低下し，酪酸の生成が抑制されるとともに，タンパク質の分解も抑制し，長期保蔵に耐え得る発酵状態となつた．TNC消費量は，グルコース2～8％添加で約2～5 g/新鮮物100 g（すなわち新鮮物中％，乾物中では約8～16％）であり，ほとんど全糖であつた．一般にこの程度の非構造性炭水化物が埋蔵材料に存在すれば，乳酸主体の酪酸のない発酵のためには十分であり（Wilkinson *et al.*, 1981），これ以上の添加（本試験の場合4％添加）は不必要であるように考えられるが，保蔵期間との関連からさらに以下で検討する．

すなわち，前報（山野ら，1987）のグリーンパニックのグルコース（4％）添加区において，埋蔵84日目のTNC消費量は約4 gで，本試験の場合より多く消費したにもかかわらず，有機酸生成量/TNC消費量の値は0.57と低く，酪酸の生成もみられた．また，無添加サイレージの品質も低かつた．埋蔵材料のTNC含有率はわずかに低いが，乾物率も大差ないことから付着菌などによる乳酸発酵力の違いがあつたと考えられる．また，本試験の埋蔵日数は55日であり，前報(山野ら，1987）の場合より1カ月短い．本試験よりさらに長期の保蔵する場合と乳酸発酵力の違いなどを考慮に入れると，4％以上の添加すなわち埋蔵材料中新鮮物中で約4％，乾物中で約16％の全糖主体のTNCの含有が安全確実な保蔵のためには必要であると推察される．

寒地型イネ科牧草のイタリアンライグラス（須藤ら，1971）及びオーチャードグラス（大山・柾木，1968 a；大山・柾木，1968 b）を用いた各種炭水化物源の添加試験において，いずれもグルコース（あるいは糠・粕との混合物）の効果は高く，デンプン（コーンミール，コーンスターチ）では低いことを示している．しかし，本試験の暖地型イネ科牧草グリーンパニックにおいては，グルコース＋デンプン，デンプン（4.2％を除く）及びコーン添加区サイレージもグルコース単独添加と同様いずれも極めて良品質となつた．

オーチャードグラスの場合（大山・柾木，1968 b）には，本試験と同じ可溶性デンプン添加では可溶性炭水化物の残存率は66％以上と高く（消費率は34％以下），そのうちデンプンが大部分を占めることを示唆している．これに対し，本試験のデンプン添加ではデンプン消費率が約50％と高く，グルコース＋デンプン添加とコーン添加においてもデンプン消費率が約50％以上であつた．また，可溶性炭水化物消費量に対する有機酸生成量の比はオーチャードグラスでは1を越え，添加デンプンを消費せず，可溶性炭水化物以外から有機酸を生成している可能性（大山，1971）が大きい．

このような違いは，同じイネ科草ではあるが，寒地型はフラクトサン蓄積型植物で，暖地型はデンプン蓄積型植物であり，後者はフラクトサン分解酵素を有しないが，デンプン分解力は前者より強いことに起因するものと考えられる．

添加デンプンの発酵基質としての効果は，グルコースの約1/2であつたが，デンプンが易利用性となるまで経過時間が必要であり，埋蔵のごく初期では直接発酵促進効果は高くない．しかし，乾物率を高め，水分活性を低下させる効果があると考えられる．すなわち，コーンのように大量添加の場合は，水分調節の効果は大きい．他方，「酢酸サイレージ」となつたデンプン

4.2%添加区サイレージでは乾物率上昇効果は十分でなく，発酵初期に必要な易利用性炭水化物も十分でなかつたと考えられる．従つて，水分調節効果が大きく表われない少量のデンプン等の添加の場合には，全糖を補足することが望ましい．

要　　約

暖地型牧草グリーンパニック高水分サイレージの発酵品質に及ぼす発酵源の量と種類の影響を検討した．

1. 無添加サイレージの低品質に対し，グルコース添加では2%添加でも，55日間の埋蔵において酪酸の生成が見られず，品質を著しく改善した．4及び8%添加では最高品質であり，乳酸発酵は進んだが，全非構造性炭水化物（TNC）消費率とともに有機酸生成量/TNC消費量の値（有機酸生成効率）は低下した．

2. デンプン添加の効果は，いずれもTNCとして相当するグルコース添加(4及び8%)より低く，4.2%添加区では品質はやや劣つた．デンプンとグルコースと混合して添加した場合の効果は，デンプン単独添加より高く，最高品質のサイレージとなつたが，対応するグルコース添加より低かつた．

3. コーン（11%）添加サイレージではグルコース4%添加の効果を示し，最高品質のサイレージとなつたが，有機酸生成効率は低かつた．

4. デンプンを含む添加区におけるデンプンの消費率は，いずれも約50%であつた．

文　　献

Catchpoole, V. R. 1965 Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) and *Chloris gayana* (C. P. I. 16144). *Aust. J. Agric. Res.*, **16**: 391-402

小林民憲・高口　淳・西村修一　1980　暖地型牧草サイレージの品質に及ぼす材料草の生育段階および添加物の影響．日草誌，**26**：81-88

大山嘉信・柾木茂彦　1968 a　サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究．I．可溶性炭水化物および蛋白質の含量がサイレージの品質に及ぼす影響．日畜会報，**39**：61-67

大山嘉信・柾木茂彦　1968 b　サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究．II．サイレージ発酵による可溶性炭水化物および蛋白質の量的変化．日畜会報，**39**：133-139

須藤　浩　1971　サイレージと乾草，養賢堂，東京

須藤　浩・内田仙二・三宅一憲　1971　サイレージの調製法に関する研究（第15報）．埋蔵時における二三添加物の効果．岡大農学報，**37**：51-60

Wilkinson, J. M., P. F. Chapman, R. J. Wilkins and R. F. Wilson 1981 Interrelationships between pattern of fermentation during ensilage and initial crop composition. *Proc. XIV Int. Grassld Congr.*, 631-634

山野大偉治・小林民憲・五斗一郎　1987　グリーンパニック高水分サイレージの発酵経過と発酵品質．九大農学芸誌，**42**：9-13

Summary

The effect of addition of different carbohydrate sources on the quality of high-moisture green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) silages was studied.

Second cut herbage at heading stage was chopped (about 2 cm). The material was treated with glucose (2, 4 and 8% wet wt), glucose and starch together (glucose+starch: 2+2.1 and 4+4.2%), starch (4.2 and 8.4%) and ground corn (11%), respectively. The materials including control (without additive) were ensiled in 2-liter polyethylene silos attached with Bunsen's bulbs. Silage samples with two replications (silos) were taken out at 55 days after ensiling. Values of pH and organic acids, ammoniac nitrogen (NH_3-N) and total nitrogen (T-N) contents of silage samples were determined. And T-N, TNC, starch, total sugars (TS) and dry matter (DM) contents of plant materials and silage samples were determined.

The material without additive (control), which contained ca. 4% of TNC and ca. 25% of DM, did not produce well-preserved silage.

Addition of starch or glucose+starch increased total nonstructural carbohydrates (TNC) content in the material ensiled up to almost the same levels of equivalent glucose additions (4 and 8%). Addition of ground corn increased TNC level in the material ensiled and the level showed between the glucose addition of 4 and 8%. When TNC contents of the materials ensiled were increased up to ca. 11, 17 and 27% of DM by additions of 2, 4 and 8% glucose, respectively, the additions of glucose markedly improved silage quality, having low pH and NH_3-N and high lactic acid and no butyric acid. The increase in glucose added to the

materials increased amount of lactic acid in the silages, but additions of glucose decreased efficiencies of total organic acids production to consumed TNC during storage.

When the amount of additives adujusted to almost the same level of equivalent TNC in the materials, the additions of glucose+starch were less effective than those of glucose and were more effective than those of starch alone. The effect of the addition of 11% ground corn on lactic acid fermentation was almost equivalent to that of the 4% glucose addition. The starch consumption during storage was ca. 50% of the original in three treatments with starch addition and TS consumption ranged ca. 60-100% of the original in all silages.