

# ファジービーン(Macroptilium lathyroides (L.) Urb.)のサイ レージ発酵基質としての可溶性炭水化物組成の特徴

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者名	伊村,嘉美 川本,康博 下條,雅敬 増田,泰久
発行元	日本草地学会
巻/号	44巻4号
掲載ページ	p. 356-359
発行年月	1999年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## ファジービーン (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) のサイレージ発酵基質としての可溶性炭水化物組成の特徴

伊村嘉美・川本康博\*・下條雅敬・増田泰久

九州大学農学部 (〒812-8581 福岡市東区箱崎)

\* 琉球大学農学部 (〒903-0129 沖縄県中頭郡西原町千原)

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka, 812-8581 Japan

\* College of Agriculture, University of the Ryukyus, Nishihara-cho, Okinawa, 903-0129 Japan

受付日: 1998年7月23日/受理日 1998年10月15日

### Synopsis

Yoshimi IMURA, Yasuhiro KAWAMOTO, Masataka SHIMOJO and Yasuhisa MASUDA (1999) : Characteristics of Soluble Carbohydrates Composition of Phasey bean (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.). *Grassland Science* 44, 356-359.

Soluble carbohydrate composition of phasey bean (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) was compared with those of some tropical forages. Siratro (*Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb.), tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.), cook stylo (*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. cv. Cook) and greenleaf desmodium (*Desmodium intortum* (Mill.) Urb.) were used as legume species, and gatton panic (*Panicum maximum* Jacq. var. *maximum* cv. Gatton) and napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach) were used as grass species. Phasey bean, legumes and grasses were sampled at 3, 6 and 9 weeks of regrowth after they all were cut on August 23, 1996, and measured water soluble carbohydrate (WSC), fructose and glucose concentrations using the Anthrone method and HPLC. The following results were obtained.

The concentration of WSC of seven tropical forages were ranged from 1.3 to 9.4% DM. Maximum fructose and glucose concentrations were 2.4% DM and 1.3% DM, respectively.

WSC concentrations of phasey bean were from 4.1 to 7.8% DM and higher than those of other legumes at all sampling dates. WSC content of phasey bean was lower than that of napiergrass at 6 week of regrowth (7.8% DM versus 9.4% DM).

The concentrations of fructose and glucose in phasey bean were 0.2 to 0.5% DM and 0.8 to 1.2% DM, respectively. When compared with other tropical forages, the composition of monosaccharides in phasey bean was characterized by high glucose concentration and high glucose/fructose ratio.

**Key words:** Phasey bean, Silage, Soluble carbohydrate composition, Tropical forage.

### 緒 言

一般に、暖地型牧草は良質のサイレージ調製が困難であるとされているが<sup>2,9)</sup>、暖地型マメ科牧草であるファジービーン (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) は良好な発酵品質を示すことが知られている<sup>6,7)</sup>。ファジービーンのサイレージ発酵に関与する要因を詳細に検討することは、暖地型牧草サイレージの発酵品質の改善に重要な示唆を与えると考えられる。

サイレージ発酵には多くの要因が関与するが<sup>9)</sup>、本研究では、主な乳酸発酵基質となる可溶性炭水化物について検討することとした。

植物の炭水化物は構造型炭水化物と非構造型炭水化物 (TNC) に分けられ、TNCにはフルクトサンやデンプンなどの貯蔵性炭水化物とフルクトース、グルコースやシュクロースなどの単・少糖類が含まれる。寒地型イネ科牧草の主要な貯蔵性炭水化物は水溶性のフルクトサンであり、暖地型イネ科牧草やマメ科牧草では難溶性のデンプンである<sup>14)</sup>。サイレージ貯蔵中の発酵においてフルクトサンは易発酵性の基質であるのに対し、デンプンはほとんど利用されない<sup>5,20)</sup>。すなわち、寒地型イネ科牧草ではTNCのほとんど全てがサイレージ貯蔵中の発酵基質となり、暖地型イネ科牧草やマメ科牧草ではTNCのうちデンプン以外が主な発酵基質となると考えられる。

暖地型イネ科牧草やマメ科牧草の主な可溶性炭水化物であるフルクトース、グルコース及びシュクロースのうち、シュクロースについては、サイレージ調製初期に素早くグルコースとフルクトースに分解されると考えられている<sup>11)</sup>。また、グルコースとフルクトースを比較すると、前者が後者よりヘテロ乳酸発酵における乳酸の生成効率が良いとされている<sup>16)</sup>。これらのことから、暖地型牧草のサイレージ発酵品質は、単・少糖類含量とその組成に影響を受けることが考えられる。

そこで本試験は、ファジービーンと数種の暖地型イネ科・マメ科牧草の可溶性炭水化物含量及び単糖類の組成を異なる生育段階毎に比較検討し、併せてサイレージ発酵との関連を

考察した。

## 材料及び方法

### 供試草種

暖地型マメ科牧草としてファジービーン (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.), サイラトロ (*Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb.), 熱帯クズ (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.), クックスタイロ (*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. cv. Cook) 及びグリーンリーフデスマディウム (*Desmodium intortum* (Mill.) Urb.), 暖地型イネ科牧草としてガットンパニック (*Panicum maximum* Jacq. var. *maximum* cv. Gatton) 及びネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) の計7草種を1996年6月12日に試験圃場に播種した。それぞれの草種が定着した8月23日に一斉に刈取り, その再生草について3週目(9月13日), 6週目(10月4日)及び9週目(10月28日)に材料を採取し, 70°C 通風乾燥機で48時間乾燥後, 粉碎したものを供試試料とした。なお, 播種量は各草種300 g/aとし, 基肥としてP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びK<sub>2</sub>Oを各1 kg, 追肥としてP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びK<sub>2</sub>Oを各0.5 kg 施肥した。ただし, イネ科牧草に対しては, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びK<sub>2</sub>Oの他にNを基肥として1 kg, 追肥として0.5 kg それぞれ施肥した。

### 分析方法

可溶性炭水化物(WSC)及び貯蔵性炭水化物は, 80% 熱エタノール及び過塩素酸でそれぞれ抽出し, アンスロン法で測定した<sup>4)</sup>。WSCと貯蔵性炭水化物の和を全非構造性炭水化物(TNC)とした。可溶性炭水化物のうちグルコース及びフルクトースの定量は, 熱エタノール抽出物について高速液体クロマトグラフ法で行った。測定条件は以下のとおりである。カラム: shodex NH<sub>2</sub>P-50。カラム温度: 35°C。移動相: 75% アセトニトリル水溶液, 流速0.8 ml/分。反応液: 0.3 M 四ほう酸カリウム, 20 mM アルギニン, 1 mM 過よう素酸ナトリウム, pH 10.5, 流速0.8 ml/分, 反応温度140°C。検出: 蛍光検

出, 波長 Ex 320 nm, Em 450 nm。なお, 本試験においては, 蛍光試薬としてアルギニンをを用い蛍光検出器により単糖類含有率を測定したが, シュクロースは非還元糖であるため, 検出感度が低く定量できなかった。

## 結果及び考察

### 非構造性炭水化物の組成

表1に各草種の可溶性炭水化物(WSC)及び貯蔵性炭水化物含有率を示した。

今回供試した暖地型牧草のWSCは1.3~9.4%, 貯蔵性炭水化物含有率は2.5~8.1%, 全非構造性炭水化物含有率(TNC)は4.9~16.1%の範囲であった。

再生後の生育期間でみると, WSCは, いずれの草種も再生3週目(9月13日)に最も低く, 再生6週目(10月4日)に最も高い値を示した。イネ科牧草2草種とグリーンリーフデスマディウム及びファジービーンの水溶性炭水化物含有率は, 再生9週目(10月28日)に最も高い値を示し, 他の3草種は6週目に最も高い値を示した。TNCは, いずれの草種も再生3週目に最も低く, 再生6週目に最も高い値を示した。草種間で比較すると, マメ科牧草の中でファジービーンの水溶性炭水化物が最も高く(4.1~7.8%), イネ科牧草2草種のWSCは3.2~9.4%で, いずれの生育期間でも, ファジービーンを除くマメ科牧草より高い値を示した。

### 寒地型イネ科牧草と暖地型牧草の比較

McDONALD *et al.* は<sup>9)</sup>, 寒地型イネ科牧草5草種373試料のWSC含量に関する調査結果を紹介している。それによると寒地型イネ科牧草のWSCの平均値は最も低いオーチャードグラスで7.9%, 最も高いイタリアンライグラスで18.1%である。本試験に供試した暖地型牧草のWSCは, これらの寒地型イネ科牧草より低い傾向を示した。このことは, 一般に暖地型牧草サイレージの発酵品質が劣る原因の一つとして, 乳酸発酵基質と考えられるWSCが低いことを挙げたCATCHPOOLE and HENZELL<sup>2)</sup>やWILKINSON<sup>18)</sup>の報告と一致す

Table 1. Changes in soluble carbohydrate, storage carbohydrate and total nonstructural carbohydrates (% DM) in some tropical forages during regrowth period.

Species	Soluble carbohydrate			Storage carbohydrate			TNC <sup>1)</sup>		
	3 <sup>2)</sup>	6	9	3	6	9	3	6	9
Gatton panic ( <i>Panicum maximum</i> var. <i>maximum</i> cv. Gatton)	3.2	9.4	4.9	7.9	6.8	8.1	11.0	16.1	12.9
Napiergrass ( <i>Pennisetum purpureum</i> )	3.4	9.4	4.8	4.3	5.3	6.6	7.8	14.8	11.5
Greenleaf desmodium ( <i>Desmodium intortum</i> )	2.2	4.7	3.8	4.7	4.9	5.9	6.9	9.6	9.7
Phasey bean ( <i>Macroptilium lathyroides</i> )	4.1	7.8	6.2	3.3	4.5	5.6	7.4	12.3	11.8
Siratro ( <i>Macroptilium atropurpureum</i> )	2.6	3.8	2.9	2.8	4.0	2.5	5.3	7.8	5.5
Stylo ( <i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Cook)	1.3	4.2	2.4	3.6	4.0	3.3	4.9	8.1	5.6
Tropical kudzu ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )	1.9	3.8	2.1	3.7	5.0	3.2	5.5	8.8	5.3

<sup>1)</sup> Total nonstructural carbohydrate=soluble carbohydrate+storage carbohydrate.

<sup>2)</sup> Regrowth weeks.

る。

#### ファジービーンと他の暖地型草種の比較

PANDITHARATNE *et al.*<sup>12)</sup> はギニアグラス及びハイブリッドネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach × *Pennisetum americanum* L.) のWSCが6.7~11.4%であったと報告し、WOODARD *et al.*<sup>19)</sup> は3種類の遺伝子型のネピアグラスのWSCが2.6~8.4%であったと報告している。本試験で供試した暖地型イネ科牧草ガットンパニック及びネピアグラスのWSCは3.2~9.4%であり、これらの報告とはほぼ一致している。ギニアグラスやネピアグラス以外の暖地型牧草については、以下に示すようにそれらより低い値が報告されている。柁木・大山<sup>10)</sup> は数種暖地型イネ科牧草のWSCが2.3~4.6%であったと報告し、CATCHPOOLE<sup>1)</sup> はセタリア (*Setaria sphacellata* (Schumach) Stapf et C. E. Hubb.) 及びローズグラス (*Chloris gayana* Kunth.) では2.7~4.7%であったと報告している。TJANDRAATMADJA *et al.*<sup>15)</sup> はパンゴラグラス (*Digitaria decumbens* Steut.) 及びセタリアのWSCが5.7及び5.0%であったと報告し、KIM and UCHIDA<sup>8)</sup> はローズグラスについて4.1%と報告している。

本試験で得られたファジービーンWSCは4.1~7.8%であり、前述の暖地型イネ科牧草で報告された値と比較すると、必ずしも高いとはいえない。しかし、本試験において、3及び9週目ではガットンパニック及びネピアグラスより高い値となった。なお、本試験において暖地型牧草の中でWSCが比較的高い特徴を示したネピアグラスについて、そのサイレーズが乳酸発酵型となることが報告されており<sup>21)</sup>、WSCの高さがネピアグラスの発酵品質が良好であることの一因であると考えられる。

ファジービーンと他の暖地型マメ科牧草を比較すると、ファジービーンWSCは、今回供試した他のマメ科草種よ

り全ての生育期間で高い値を示した。永西<sup>3)</sup> は材料草のWSCが4.8~6.2%のセスバニアロストラータ (*Sesbania rostrata* Brem.) のサイレーズ調製を行い、添加物なしでは良好な貯蔵ができなかったと報告している。その時のWSC値と比較して、6週目のファジービーンWSCは高い値を示した。また、著者<sup>6)</sup> が報告した良質な発酵品質となった場合のファジービーン材料草のWSCは7.5~9.3%であり、セスバニアロストラータの場合より高い値であった。

#### フルクトース及びグルコース含有率

表2に各草種のフルクトース及びグルコース組成を示した。

一般的に、寒地型イネ科牧草のフルクトース及びグルコース含有率は、いずれも1.0~3.0%、シュクロース含有率は2.0~8.0%とされている<sup>9)</sup>。柁木・大山<sup>10)</sup> は数種の暖地型イネ科牧草について調査した結果、主な単・少糖類はフルクトース(0.3~1.1%)、グルコース(0.3~1.0%)及びシュクロース(1.6~3.1%)であり、寒地型牧草と比べて単糖類が少なく、また、可溶性炭水化物に占めるシュクロースの割合が高い傾向にあると報告した。本試験において、ネピアグラスの6週目のフルクトース及びグルコースを除いて、フルクトース及びグルコース含有率はそれぞれ1.0及び1.2%以下となり、柁木・大山<sup>10)</sup> の報告と類似の結果となった。

ファジービーンWSC含有率は、いずれの刈取り時にもイネ科草種より低く、他のマメ科草種と同じか高い値を示した。ファジービーンWSC含有率は、いずれの刈取り時にもガットンパニックより高い値を示し、他のマメ科草種の3倍以上に達した。ファジービーンWSC含有率とグルコースの合計含有率は、いずれの刈取り時にもネピアグラスより低かったが、それ以外の草種より高い値を示した。また、ファジービーンWSCに対するグルコー

Table 2. Glucose and fructose concentrations (% DM) and the ratio of glucose to fructose in some tropical forages during regrowth period.

Species	3 <sup>1)</sup>				6				9			
	Fructose	Glucose	F+G <sup>2)</sup>	G/F <sup>3)</sup>	Fructose	Glucose	F+G	G/F	Fructose	Glucose	F+G	G/F
Gatton panic ( <i>Panicum maximum</i> var. <i>maximum</i> cv. Gatton)	0.6	0.2	0.8	0.42	0.6	0.6	1.2	0.90	0.4	0.3	0.6	0.83
Napiergrass ( <i>Pennisetum purpureum</i> )	0.9	0.3	1.2	0.36	2.4	1.3	3.7	0.56	1.0	0.7	1.6	0.69
Greenleaf desmodium ( <i>Desmodium intortum</i> )	ND <sup>4)</sup>	0.0	0.0	—	0.4	0.4	0.8	0.90	0.4	0.3	0.6	0.83
Phasey bean ( <i>Macroptilium lathyroides</i> )	0.2	0.8	1.0	4.15	0.5	1.2	1.7	2.21	0.3	1.1	1.4	3.50
Siratiro ( <i>Macroptilium atropurpureum</i> )	0.2	0.1	0.4	0.58	0.2	0.1	0.3	0.42	0.1	ND	0.1	—
Stylo ( <i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Cook)	ND	0.1	0.1	—	0.3	0.4	0.7	1.19	0.2	0.1	0.2	0.53
Tropical kudzu ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )	0.2	ND	0.2	—	0.4	0.2	0.6	0.56	0.1	0.1	0.2	0.83

<sup>1)</sup> Regrowth weeks.

<sup>2)</sup> Fructose+Glucose.

<sup>3)</sup> The ratio of glucose to fructose.

<sup>4)</sup> Not detected.

ス含有比率は、2.0以上の高い値で推移した。

サイレーズ発酵基質としては、フルクトースよりグルコースの方が効率的であると考えられており<sup>9)</sup>、ファジービーンサイレーズの良好な発酵品質<sup>6,7)</sup>は、フルクトースに対するグルコース含有比率が高いことと関連するのではないかと考えられる。しかし、ルーサンサイレーズに対するグルコースとフルクトースの添加効果については両者の間に有意差が認められなかったという報告もあり<sup>13)</sup>、その点に関しては、今後さらに検討すべきであると考えられる。

### 引用文献

- 1) CATCHPOOLE, V.R. (1965) Laboratory ensilage of *Setaria sphacellata* (Nandi) and *Chloris gayana* (C.P.I. 16144). *Aust. J. Agric. Res.* **16**, 391-402.
- 2) CATCHPOOLE, V.R. and E.F. HENZELL (1971) Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts*. **41**, 213-221.
- 3) 永西 修・四十万谷吉郎・刈屋喜弘・池田健児・村井 勝 (1996) セスパニアロストラータ (*Sesbania rostrata*) の生育時期別・部位別化学成分と各種調製条件が発酵品質に及ぼす影響. *Grassl. Sci.* **42**, 141-145.
- 4) FAICHNEY, G.J. and G.A. WHITE (1983) Methods for the Analysis of Feeds Eaten by Ruminants. CSIRO, Melbourne, Australia. pp. 12-14.
- 5) 服部育男・熊井清雄・福見良平 (1993) 添加糖の種類が各種サイレーズの発酵品質に及ぼす影響. *日草誌* **39**, 326-333.
- 6) 伊村嘉美・下條雅敬・増田泰久・五斗一郎 (1994) ファジービーン及びギニアグラスの生育にともなう化学的要因の変化がサイレーズ発酵品質に及ぼす影響. *九大農学芸誌* **49**, 81-85.
- 7) 伊村嘉美・下條雅敬・増田泰久・五斗一郎 (1997) バヒアグラス (*Paspalum notatum*) および青刈ヒエ (*Echinochloa crus-galli*) にファジービーン (*Macroptilium lathyroides*) を混合したサイレーズの発酵特性. *Grassl. Sci.* **42**, 349-353.
- 8) KIM, K.H. and S. UCHIDA (1990) Comparative studies of ensiling characteristics between temperate and tropical species 1. The effect of various ensiling conditions on the silage quality of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) and Rhodesgrass (*Chloris gayana* Kunth). *J. Japan Grassl. Sci.* **36**, 292-299.
- 9) McDONALD, P., A.R. HENDERSON and S.J.E. HERON (1991) The Biochemistry of Silages. 2nd ed. Chalcombe Publications, Marlow, UK.
- 10) 柗木茂彦・大山嘉信 (1978) 数種暖地型牧草における非構造性炭水化物組成—液体クロマトグラフィーによる定量—. *日畜会報* **49**, 659-664.
- 11) 柗木茂彦・大山嘉信 (1979) サイレーズ発酵過程における糖の変化, 乳酸, 揮発性脂肪酸の生成. *日畜会報* **50**, 280-287.
- 12) PANDITHARATNE, S., V.G. ALLEN, J.P. FONTENOT and M.C.N. JAYASURIYA (1986) Ensiling characteristics of tropical grasses as influenced by stage of growth, additives and chopping length. *J. Anim. Sci.* **63**, 197-207.
- 13) SEALE, D.R., A.R. HENDERSON, K.O. PETTERSSON and J.F. LOWE (1986) The effect of addition of sugar and inoculation

with two commercial inoculants on the fermentation of lucerne silage in laboratory silos. *Grass and Forage Sci.* **41**, 61-70.

- 14) SMITH, D. (1973) The nonstructural carbohydrate. In *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. (Eds G.W. BUTLER and R.W. BAILEY), Academic Press, New York, USA. Vol. 1, pp. 106-155.
- 15) TJANDRAATMADJA, M., I.C. MACRAE and B.W. NORTON (1993) Effect of inclusion of tropical tree legumes, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*, on the nutritive value of silage prepared from tropical grasses. *J. Agric. Sci., Cambridge* **120**, 397-406.
- 16) WHITTENBURY, R., P. McDONALD and D.G. BRYAN-JONES (1967) A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. *J. Sci. Food. Agric.* **18**, 441-444.
- 17) WILSON, J.R. and C.W. FORD (1973) Temperature influences on the in vitro digestibility and soluble carbohydrate accumulation of tropical and temperate grasses. *Aust. J. Agric. Res.* **24**, 187-198.
- 18) WILKINSON, J.M. (1983) Silages made from tropical and temperate crops Part 1 The ensiling process and its influences on feed value. *World Anim. Rev.* **45**, 36-45.
- 19) WOODARD, K.R., G.M. PRINE and D.B. BATES (1991) Silage characteristics of elephantgrass as affected by harvest frequency and genotype. *Agron. J.* **83**, 547-551.
- 20) WOOLFORD, M.K. (1984) The Silage Fermentation. Marcel Dekker, New York, USA.
- 21) YOKOTA, H., M. OHSHIMA, K.J. HUANG and T. OKAJIMA (1995) Lactic acid production in Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage. *Grassl. Sci.* **41**, 207-211.

### 要 旨

伊村嘉美・川本康博・下條雅敬・増田泰久 (1999) : ファジービーン (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) のサイレーズ発酵基質としての可溶性炭水化物組成の特徴. *Grassland Science* **44**, 356-359.

ファジービーンの高溶性炭水化物組成の特徴を明らかにするために、サイラトロ (*Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb.), 熱帯クズ (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.), クックスタイロ (*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. cv. Cook), グリーンリーフデスマディウム (*Desmodium intortum* (Mill.) Urb.), ガットンパニック (*Panicum maximum* Jacq. var. *maximum* cv. Gatton) 及びネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) と比較した。

その結果、ファジービーンWSCは乾物当たり4.1~7.8%であり、暖地型マメ科牧草の中では相対的に高い特徴を示したが、寒地型イネ科牧草や熱帯・亜熱帯地域でサイレーズ材料草として用いられることの多いネピアグラスほど高くはないことが示された。また、単糖類の組成を調べた結果、ファジービーンフルクトース及びグルコース含有率はそれぞれ0.2~0.5%及び0.8~1.2%であり、他の草種と比較して、グルコース含量及びフルクトースに対するグルコース含有比率が高い特徴を示した。

キーワード：可溶性炭水化物組成, サイレーズ, 暖地型牧草, ファジービーン.