

シンポジウム「北海道における牧草の生産性向上と育種の役割」

品質育種の重要性と育種的対応の現状

古谷政道（道立北見農試）

はじめに

牧草栽培が家畜の飼料生産である以上、品質を抜きにしては考えられない。今日牧草の栽培、利用等に関する多くの研究成果により高品質の飼料生産が技術的に可能になったが、品質に関する育種対応は必ずしも満足すべき結果が得られていないと考えられる。従来牧草の品質は蛋白質に代表され、多葉性が育種目標の一つにあげられていたがWoodford¹⁸⁾が提唱するように牧草収量の基準を可消化乾物収量におくと、乾物消化率は栄養価の重要な指標となる。このため近年牧草の品質育種の目標として乾物消化率の向上が主要な課題となっている。今回チモシーで得られた乾物消化率に関する試験結果を主な対象として、品質に関する育種対応の現状の一端を報告し、御意見と御批判をいただければ幸である。

品質育種の重要性

有害成分に対する育種の成功例は報告されているが、品質に対する成功例は多くはない。その少ない成功例の一つとしてバミューダグラスの結果（第1表³⁾）から品質育種の重要性を探ってみた。バミューダグラスは暖地型の優良な牧草であるが、乾物消化率を基準にした選抜されたハイブリッド系統の乾物消化率は標準品種に比較し12%高い値を示すのに対し、その日増体量は30%高く、乾物消化率の向上に比較し、日増体量の増加は著しく高い。すなわち乾物消化率の向上の程度以上に生産物への効果は大きいものと考えられる。

第1表 バミューダグラスの乾物消化率

	コースタル	選抜系統
乾物消化率(%)	53.5	60.1
同上比率	100	112
日増体量(g)	553	717
同上比率	100	130

G. W. Burtonら（1967）

品質に対する育種的対応の現状

1. 乾物消化率の変異

乾物消化率の品種間、栄養系間変異は多くの草種で検討され、遺伝的変異が認められているが、チモシー52品種系統の1番草の収穫時期別品種間変異は第2表に示すとおり10%以上のレンジを示した。また年間3回刈の場合の番草別品種間変異は第3表に示すとおりで、いずれも

第2表 チモシー1番草乾物消化率の品種間変異（52品種系統）(%)

	収 穫 日 (月日)					
	6. 5	6. 12	6. 19	6. 26	7. 3	7. 10
平 均	78.6	73.1	69.2	66.2	59.4	55.7
標準偏差	2.2	3.0	2.5	3.1	3.0	3.6
変異係数	2.8	4.1	3.6	4.7	5.1	6.5
レ ン ジ	10.7	11.7	10.5	14.6	13.8	18.8

北見農試牧草科（未発表）

第3表 チモン1番草別乾物消化率の品種間変異
(52品種系統)

	1 番 草		
	6月27日	8月11日	10月2日
平 均	59.1	64.2	67.7
標準偏差	1.2	2.2	2.0
変異係数	2.0	3.4	2.9
レ ン ジ	13.8	12.3	16.5
有 意 性	***	**	*

*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.001$ 、以下の表も同じ。
北見農試牧草科(未発表)

第4表 チモン1番草の乾物消化率の栄養系間変異
(366栄養系)

		(%)
平 均		61.9
標準偏差		4.0
変異係数		6.5
レ ン ジ		20.9

北見農試牧草科(未発表)

10%以上のレンジを示すとともに品種間に有意性が認められた。チモン40品種系統に由来する早生型366栄養系間の1番草乾物消化率は第4表に示すとおり20.9%のレンジを示し、乾物消化率の選抜の可能性を予測させた。

2. 葉身と茎部の乾物消化率の関係

チモン52品種系統の1番草の収穫時期別葉身と茎部(葉鞘と穂を含む)の乾物消化率は第5表に示すとおりいずれの時期もレンジは茎部が葉身より大きかった。わずかな量の葉身の乾物消化率から茎葉の乾物消化率を推定できれば、立毛状態の材料の乾物消化率を知ることができる。茎葉と葉身及び茎部の乾物消化率の相関係数(第6表)は、生育が進むにつれて大きくなるが、葉身の相関係数は比較的小さい。この結果葉身の乾物消化率から茎葉の乾物消化率を推定することは困難であろうと考えられた。

第5表 チモン1番草の葉身と茎部の乾物消化率
(52品種系統)

	収 穫 日(月日)					
	葉 身			茎 部		
	6.5	6.19	7.10	6.5	6.19	7.10
平 均	81.6	77.1	61.7	73.5	66.6	54.3
標準偏差	2.3	2.7	3.6	2.7	4.0	3.6
変異係数	2.8	3.5	5.9	3.7	4.0	6.6
レ ン ジ	9.7	10.2	11.9	11.9	12.1	17.2

北見農試牧草科(未発表)

第6表 チモン1番草茎葉と葉身、
茎部乾物消化率の相関係数
(52品種系統)

収 穫 日	葉 身	茎 部
6月 5日	0.328*	-0.029
6月 19日	0.314*	0.404*
7月 10日	0.641**	0.956**

* $p < 0.05$ 、** $p < 0.01$ 、
以上の表も同じ。
北見農試牧草科(未発表)

3. 乾物消化率と他形質との関係

分析によらずに形態的あるいは生理的形質から乾物消化率を推定できるならば、選抜を進める上で大きなプラスになろう。このためチモンシーの若干の形質と乾物消化率の相関係数を算出した(第7表)が、最も大きい値を示した形質は出穂期で、茎の径は有意性を示さなかった。調査したいずれの形質からも乾物消化率の推定は困難と考えられた。

4. 乾物消化率と他成分との関係

乾物消化率と他成分の関係は古くから研究されているが、ここでは粗蛋白質及びタンニンとの関係について述べる。

1) 乾物消化率と粗蛋白質の関係

チモンシー1番草において親とその多交配後代の乾物消化率と粗蛋白質の関係を第8表に示した。親と多交配後代ともに高い有意な相関係数が算出された。後に述べるように粗蛋白質の遺伝力はかなり高いことから、乾物消化率の選抜は粗蛋白質の選抜につながるようである。

2) 乾物消化率とタンニンの関係

第9表にレスペデザ(メドハギ)のタンニン含量と乾物消化率を示した。⁶⁾タンニンは蛋白質を凝固し、消化率を低下させるといわれる。低タンニン群の平均乾物消化率は高タンニン群に比較し、7%高く、低タンニンの選抜は高乾物消化率の選抜になり、栄養価の向上を伴うと考えられる。

5. 乾物消化率と牧草病害の関係

牧草の病害はその飼料価値を低下させることは既に多くの報告⁷⁾で認められている。チモンシー斑点病は北海道を中心に本州各地で発生が確認されており、1番草の生育後期に最盛となり以後晩秋まで発病が認められる重要な病害であるが、斑点病の発病度と葉身の乾物消化率の相関係数は -0.873 と有意に高く(第1図)、斑点病は葉身の乾物消化率を低下させると判断

第7表 チモンシー1番草の乾物消化率と他の形質との相関係数(52品種系統)

葉部率	0.612
草丈	-0.350
出穂期	0.676
葉色	-0.306
茎数	0.366
茎の径	0.037

北見農試牧草科(未発表)

第8表 チモンシー1番草の乾物消化率(X)と粗蛋白質(Y)の関係(24栄養系)

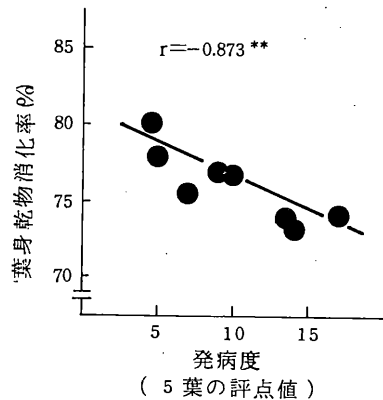
	相関係数	回帰式
親	0.777***	$Y = -4.65 + 0.20 X$
多交配後代	0.743***	$Y = -3.29 + 0.21 X$

北見農試牧草科(未発表)

第9表 レスペデザのタンニン含量と乾物消化率(%)

	タンニン含量		乾物消化率	
	平均	レンジ	平均	レンジ
高タンニン群	6.2	4.6~7.6	58	53~64
低タンニン群	2.7	1.8~3.4	65	56~69

E. D. Donnellyら(1970).



第1図 チモンシー1番草の葉身乾物消化率と斑点病発病度の関係
北見農試牧草科(未発表)

される。また斑点病の発生を育種あるいは栽培的に抑えることができれば乾物消化率を現在より高く保つことができるものと考えられる。

6. 乾物消化率の遺伝力

遺伝力は選抜の可能性を推定する目安となるが、乾物消化率に関して未選抜のチモシー24栄養系を供試して、親とその多交配後代の親子回帰から1番草の遺伝力を推定した。結果は第10表と第11表に示したが、遺伝力は0.45で、Cooperら⁵⁾が示したオーチャードグラスの結果0.52~0.53に比較するとやや小さかった。しかし乾物消化率の高い個体の選抜は十分可能であることが推察された。また同時に同じ材料を供試して行なわれた粗蛋白質の遺伝力は0.46で、粗蛋白質の選抜の可能性も示唆した。

第10表 チモシー1番草の親と多交配後代の乾物消化率(24栄養系) (%)

	親	多交配後代
平均	59.0	55.8
標準偏差	3.3	2.4
変異係数	5.6	4.4
レンジ	15.4	9.2

北見農試牧草科(未発表)

第11表 チモシー1番草の親と多交配後代の親子回帰と相関係数(24栄養系)

回帰式	相関係数
$Y = 29.53 + 0.45 X$	0.606*

北見農試牧草科(未発表)

7. 乾物消化率の選抜効果

チモシー1番草の乾物消化率について、個体選抜の例を第12表に、合成品種法の例を第13表に示した。個体選抜試験では選抜世代の進んだ選抜3群の1番草の平均乾物消化率は選抜1群に比較し、4.1%向上した。合成品種法により育成された実験的な系統の1番草の乾物消化率はセンポクに比較し、3.5%高く、乾物収量は2.3Kg低かった。この系統は第1次サイクルの合成品種であるが、サイクルを進めることにより更に乾物消化率を高めることができるものと考えられる。この二つの例と、既に述べた乾物消化率の遺伝力から推定し、チモシー1番草の

第12表 個体選抜によるチモシー1番草の乾物消化率の向上

	平均	標準偏差	レンジ	供試数
選抜1群	61.9%	4.0%	51.6~72.5%	366
選抜2群	65.0	2.3	61.0~70.2	70
選抜3群	66.0	1.6	63.6~72.2	100

北見農試牧草科(未発表)

第13表 合成品種法によるチモシー乾物消化率系統の育成

	乾物消化率 (%)			乾物収量 (Kg/a)		
	1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草
育成系統	72.4	66.5	85.1	65.5	31.9	10.0
センポク	68.9	-	81.2	67.8	29.1	9.6
lsd	3.15	-	ns	ns	ns	ns

lsdは5%水準、nsは有意性なし、以下の表も同じ。

北見農試牧草科(未発表)

乾物消化率を標準品種より有意に高めることは十分可能と考えられる。

8. 乾物消化率に対する選抜の影響

乾物消化率の選抜によって他の重要な形質が損なわれては選抜の意味が無くなる。この例として乾物消化率と収量及び鼓ちよう症¹²⁾の関係を示す。

1) 乾物消化率と乾物収量の関係

チモシー1番草の乾物消化率と乾物収量の遺伝相関係数は第14表に示すとおりであるが、全体の遺伝相関係数は極めて大きく、収量の犠牲なしに乾物消化率を高めることは不可能に近いことを示している。しかしながら早生群の遺伝相関係数は小さいので、注意深い選抜により乾物収量を損なうことなしに乾物消化率を高めることができるものと考えられる。

第14表 チモシー1番草の乾物消化率と乾物収量の遺伝相関係数
(52品種系統)

全 体	早生群	中早生群	中晩生群	晩生群
-0.809	-0.282	-0.659	-0.938	-1.020

北見農試牧草科(未発表)

2) 乾物消化率と鼓ちよう症の関係

古くから知られている家畜疾病の鼓ちよう症は、マメ科牧草の多食によって起こるといわれる。第15表に示すとおり鼓ちよう症の発生が少ない草種の葉の乾物消化率は、発生の多い草種(アルファルファ、アカクローバ、シロクローバ)の乾物消化率に比較するとかなり低い。鼓ちよう症と乾物消化率は直接的な関係はないが、このような鼓ちよう症の発生が少ない草種に対する乾物消化率の選抜は鼓ちよう症に対する十分な注意が必要と考えられる。

第15表 鼓ちよう症の発生が少ない草種とアルファルファの乾物消化率の比較

鼓ちよう症の発生が 少ない草種	アルファルファ 対比 (%)
ミルクベッチ	50 ~ 75
バーズフットトレフォイル	30 ~ 70
セインフォイン	15 ~ 25

R. E. Howarthら(1979)

9. 選抜の場について

乾物消化率は牧草の生育時の環境条件により有意な影響が見られ、環境条件と品種の交互作用も有意性を示す場合が多い。個体単位においても品種レベルと同様の影響が考えられ、乾物消化率選抜時に複雑な影響が考えられる。ここでは第16表から第18表(チモシー5品種の平均値)⁹⁻¹¹⁾に種々の環境要因が乾物消化率に与える影響を示した。

第16表 チモシー1番草の乾物消化率に及ぼす生育温度の影響(5品種の平均)

	乾物消化率(%)			有意性		
	T 1	T 2	T 3	温 度	品 種	交互作用
茎 葉	67.2	69.5	73.0	*	**	ns
葉 身	68.2	70.2	73.5	*	**	ns

T1: 31/26、T2: 23/18、T3: 15/10 (昼/夜温、℃)
古谷政道ら(1983)

第17表 チモシー1番草の乾物消化率に及ぼす日長時間の影響(5品種の平均)

	乾物消化率(%)		有意性		
	D 1	D 2	日 長	品 種	交互作用
葉 身	71.2	73.3	*	**	**
茎 部	69.3	71.5	*	**	**

D1: 15時間日長、D2: 22時間日長
古谷政道ら(1983)

第18表 チモシー品種の乾物消化率に及ぼす土壌水分の影響(5品種の平均)

		乾物消化率(%)			有意性		
		M 1	M 2	M 3	水 分	品 種	交互作用
1番草	葉身	71.5	70.5	73.2	ns	**	*
	茎部	65.8	64.5	69.6	*	**	**
2番草	茎葉	69.1	67.6	68.5	*	**	*

M1: 82%、M2: 63%、M3: 39%(土壌水分、最大容水量比)
古谷政道ら(1983)

分析方法

Tilley and Terry 法¹⁷⁾が開発されて以来乾物消化率の向上が牧草育種の場における現実的な目標となった。我が国においても家畜の胃液を使わない二段階法¹⁾やセルラーゼによる分解率から推定する方法⁸⁾などを利用して多くの試験が行なわれている。また近年反射式近赤外分析法のための器機が発達し、精度の高い分析が可能になった。この方法は標準試料が有れば種々の成分に応用できるため、品質育種に対する有力な手段となろう。ただ器機が高価であるという欠点がある。

第19表 各種分析法と in vivo 値との相関係数

	乾物消化率	T D N	D C P
T & T法 ¹⁾	0.956***	0.923***	0.799*
迅速セルラーゼ法 ¹⁾	0.913***	0.969***	0.770*
反射式近赤外分析法 ²⁾	0.985***	0.971***	1.000***

1) 古谷政道ら(1982)、2) 北見農試牧草科(未発表)

む す び

乾物消化率を育種の場合に持込むことは育種家の長い間の夢であった。これは品質を育種目標として育成されたコストクロス-1(バミューダグラス)⁴⁾やケンハイ(トールフェスク)^{2)、13)}の例を見るまでもなく乾物消化率の向上はその採食量を増大し、日増体量の増加は乾物消化率の向上以上に大きく、牧草品質の育種目標として最適と考えたからである。我が国においてもオーチャードグラス¹⁴⁾、トールフェスク¹³⁾、ソルガム¹⁶⁾、チモシー、アルファルファ¹⁵⁾等について乾物消化率を目標として育種中であり、オーチャードグラス、ソルガムは分析方法、育種方法の検討を終了し、系統育成の最終段階に達している。トールフェスクは分析方法や育種方法の検討を終わり、選抜に入っている。アルファルファは品種、栄養系間の遺伝的変異の検討が終わっており、近い将来乾物消化率の高い品種が開発されることは確実である。また近年発達が著しい生物工学の手法を用い、乾物消化率の高い体細胞雑種が作出される可能性もあろう。ただ乾物消化率の目標をどの程度にするか論議の分かれるところである。飼料のペレット化は消化器官内の通過速度が速すぎるため乳汁中の脂肪率が低下することが知られている。また既に述べたように品質と収量は負の関係に有ると考えられることから、チモシーの当面の目標を収量レベルを維持しながら各種の栽培条件下で標準品種より有意に高い乾物消化率を示す品種の育成におきたいと考えている。また粗蛋白質や無機成分の品種間差も大きいことから、今後これらの成分についても検討の必要が有ると考えられる。

謝辞 本稿は道立北見農試手塚浩場長、同増谷哲雄科長、北海道農試植田精一室長の御校閲をいただいた。例示したチモシーに関する試験は北見農試牧草科諸氏の御指導のもとに行なわれた。深大なる謝意を表す。

引 用 文 献

- 1) 阿部亮, 堀井聡, 亀岡暄一(1972)日畜会報, 43, 175.
- 2) Buckner, R. C., P. B. Burrus, II, L. P. Bush(1977) Crop Sci. 17, 672.
- 3) Burton, G. W., R. H. Hart, R. S. Lowrey (1976) Crop Sci. 7, 329.
- 4) Chapman, H. D., W. H. Marchant, P. R. Utley, R. E. Hellwig, W. G. Monson (1972) J. Anim. Sci. 34, 373.
- 5) Cooper, J. P., J. M. A. Tilley, W. F. Raymond, R. A. Terry (1962) Nature 195, 1276.

- 6) Donnelly, E.D., W.B. Anthony (1970) *Crop Sci.* 10, 200.
- 7) 井沢弘一(1976) 植物防疫. 30, 164.
- 8) 古谷政道, 植田精一, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄(1982) 北海道立農試集報. 47, 23.
- 9) 古谷政道, 増谷哲雄, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄(1983) 北海道立農試集報. 49, 1.
- 10) 古谷政道, 増谷哲雄, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄(1983) 北海道草研会報. 17, 83.
- 11) 古谷政道, 増谷哲雄, 樋口誠一郎, 筒井佐喜雄(1983) 北海道立農試集報. 50, 13.
- 12) Howarth, R.E., B.P. Goplen, J.P. Fay, K.-J. Cheng (1979) *Ann. Rech. Vét.* 10, 332.
- 13) 中嶋紘一, 鶴見義朗, 吉山武敏(1981) 九州農試報. 21, 371.
- 14) 雑賀優、宝示戸貞雄(1977) 日草誌. 23, 177.
- 15) Suginobu, K., B.R. Christie (1973) *Japan. J. Breed.* 23, 79.
- 16) Tarumoto, I., Y. Masaoka (1978) *J. Jpn. Grassl. Sci.* 24, 1.
- 17) Tilley, J.M.A., R.A. Terry (1963) *J. Br. Grassl. Soc.* 18, 104.
- 18) Woodford, E.K. (1966) *J. Br. Grassl. Soc.* 21, 109.