

放牧条件下における乳用育成牛の採食量と増体量の推定

誌名	草地試験場研究報告
ISSN	03850196
著者	田畑, 一良 押尾, 秀一 阿見, 艶子 小林, 春雄
巻/号	15号
掲載ページ	p. 134-141
発行年月	1979年12月

放牧条件下における乳用育成牛の採食量と増体量の推定

田畑一良・押尾秀一・阿見艶子・小林春雄

家畜部，放牧管理研究室

(昭和54年5月15日受理)

要 約

田畑一良・押尾秀一・阿見艶子・小林春雄 (1979): 放牧条件下における乳用育成牛の採食量と増体量の推定. 草地試研報 15: 134-141.

酸化クローム，クロモーゲン法により，延 283 頭の乳用育成牛の採食量を測定し，その時点における体重，日増体量，草の一般成分，気象条件など 27 の変数について重回帰分析を行った。得られた主な結論は，(1) 放牧条件下でのホルスタイン育成牛の可消化エネルギー摂取量は，NRC 標準に比し，25—50% 高く，維持に要するエネルギーは，54—105% 高いことが推定された。(2) しかし，両者の差は，体重が増加するにつれ，少なくなる傾向が認められた。(3) 日増体量には，気温と草の消化率が，最も大きな要因として関与していることが考えられ，気温 15.8°C で，最大の増体量が期待された。

緒 言

放牧条件下では，直接家畜が，外界の厳しい自然環境に曝され，気象，海拔，地形などの影響を受けるばかりでなく，草地の季節生産性が，家畜の栄養要求量を規制し，時期的に低栄養の飼養条件に曝される。このため，一般に，放牧育成牛の発育停滞や増体量の低下がみられ，公共牧野などにおける家畜生産性の最終的な評価を低下させている。

放牧牛の栄養要求量は，エネルギーとして維持の 20—50%²⁾，舎飼い時よりも 25—100%¹¹⁾ 余分に必要であるとされている。しかし，放牧牛の採食量の測定値が，草地の条件によって誤差を伴い易く，エネルギー消費量も気象条件，地形，運動量によっても左右されるため，何れも定量的な把握を困難にしている。また，放牧育成牛の増体量は，放牧時の採食量やエネルギー消費量と密接な関係にあるが，関与する要因が，多要因かつ複雑なため，要因相互間の量的関係などについては不明な点が多い。そこで，著者等は，放牧条件下における各栄養素の摂取量やエネルギー消費量の測定法を確立するとともに，各種放牧条件下（草種，施肥量，放牧方法，地形，傾斜度など）における栄養要求量と発育，増体量を明らかにしようとしている。

本報では，放牧条件下における乳用育成牛の採食量と日増体に関与する要因及び乾物摂取量の標準値を推定するため，5カ年間の放牧試験成績をもとに，放牧育成牛の採食量，放牧時の気象条件（気温，降雨量，日照時

間），採食草，排糞量の一般成分，生体重，日増体量など 27 項目について，重回帰分析を行った。

試 験 方 法

1. 供試動物

1971 年から 1975 年までの 5 年間，草地試験場内の混播放牧地に 4 月から 12 月までの期間放牧し，採食量調査を行った。供試したホルスタイン若雌牛，延 283 頭の体重構成ならびに月別の測定頭数は Table 1 に示した通りである。

2. 草地の状態と放牧方法

4—9 頭の牛群を 1—2 週間間隔で，昼夜連続の輪換放牧を行い，補助飼料は給与しなかった。草地は一部ベレニアル，ライグラス優占であった以外は，オーチャードグラス主体の混播草地を用いた。草量は 4—6 月は十分であったが，7—8 月は不足みになる場合も認められた。しかし，9 月以降は草生も回復し，比較的十分な状態であった。また，年間の牧養力（ヘクタール当りのカウデー (CD/ha) は 179—650 CD/ha の範囲であった。

3. 測定項目と測定方法

採食量，排糞量，消化率の測定は，Reid et al^{13,14)} の方法に準じた，酸化クローム，クロモーゲン法により行った。すなわち，酸化クロームを連続 10 日間，朝（9 時）夕（4 時）の 2 回，1.5—2.5 g を投与した。投与開始後，8 日目から 3 日間，採食草を摘取法により採取し，糞は酸化クローム投与時に肛門より grab sample

Table 1. Body weights and measured months of the tested Holstein heifers

Body weight (kg)	No. of tested Holstein heifers	Measured month	No. of tested Holstein heifers
100	30	Apr.	16
100-150	48	May.	76
150-200	24	Jun.	8
200-250	24	Jul.	50
250-300	58	Aug.	30
300-350	61	Sep.	44
350-400	24	Oct.	50
400	14	Nov. -Dec.	9
Total	283	Total	283

Table 2. The mean, standard deviation and range of each variable

Variable number	Variables	Abbreviated sign	Unit	Mean	SD	Range
1	Faeces dry matter content ^{a)}	FDM	%	13.61	2.20	8.05-22.46
2	// ash // ^{b)}	FASP	%	2.01	1.30	1.27-5.46
3	Dry matter excretion	DME	Kg/day	1.98	0.93	0.37-5.22
4	Forage dry matter content ^{a)}	DMP	%	22.0	6.1	9.4-36.9
5	// ash // ^{b)}	ASP	%	9.2	2.8	3.8-15.9
6	// NFE // ^{b)}	NFP	%	44.4	7.1	32.7-60.3
7	// crude fat // ^{b)}	FAP	%	4.0	1.0	2.1-6.4
8	// crude fiber // ^{b)}	FIP	%	25.1	3.6	17.5-33.3
9	// crude protein // ^{b)}	PRP	%	17.4	5.3	7.9-31.9
10	Dry matter digestibility	DMD	%	73.1	9.4	13.8-87.7
11	Dry matter intake	DMI	Kg/day	7.88	4.22	2.0-30.0
12	Ash //	ASI	Kg/day	0.73	0.49	0.12-2.79
13	NFE //	NFI	Kg/day	3.54	2.04	0.83-12.53
14	Crude fat //	FAI	Kg/day	0.31	0.19	0.06-1.50
15	Crude fiber //	FII	Kg/day	2.03	1.26	0.39-8.65
16	Crude protein //	PRI	Kg/day	1.27	0.60	0.31-4.57
17	Digestible dry matter intake	DDM	Kg/day	5.90	3.50	0.29-25.40
18	Digestible organic matter intake	DOM	Kg/day	5.45	3.19	0.27-23.21
19	Temperature	T	°C	17.9	5.6	2.9-29.2
20	// squared	T ²	°C	351	198	(^o) ² -(^o) ²
21	Rain fall	RF	mm/day	7.76	10.39	0.5-65.0
22	Sunshine time	SS	Hrs/day	5.51	2.27	1.15-9.44
23	Mesured day	D	day	212	62.4	118-336
24	Square of mesured day	D ²	day	48635	27064	(^o) ² -(^o) ²
25	Metabolic body size	MB	Kg ^{0.75}	60.6	20.1	74 ^{0.75} -464 ^{0.75}
26	Daily body weight gain	DG	Kg/day	0.45	0.99	-2.94-2.40
27	Digestible organic matter intake per metabolic body size	DOMB	Kg/Kg ^{0.75}	0.09	0.04	0.01-0.26

a) based on wet sample. b) based on dry matter.

法により採取した。採食草および糞中の一般成分を常法により、酸化クロームおよびクロモージェンを亀岡ら³⁻⁶⁾の方法により分析した。

気温、雨量、日照時間などの気象条件の測定値は、場内気象観測施設で得られたものを利用した。測定日の値は1月1日を基準として、年間の日数(365日ないし366

日)として表わした。採食量は10日間の平均値として表わし、日増体量は採食量測定期間を含む2-3週間の体重変化の平均値から求めた。

重回帰分析の計算は、川端⁸⁾の作成したプログラムにより、逐次増減法で有意(P<0.01)となる変数の選択を行なった。

3. 採食量の推定

本試験で得られた放牧育成牛の乾物摂取量 (Table 4 の4式)と平均増体量から、体重別の乾物摂取量 (DMI)、可消化エネルギー摂取量 (DE)、および維持エネルギー (ME) を求め Table 5 に示した。

考 察

1. 採食量に關与する要因

乾物摂取量と他の変数との關係では、体重との相関が高いが ($r=0.574$)、代謝体重 (MB) との相関 ($r=0.576$)、両者の対数值間の相関 ($r=0.636$) がより高い値を示した。これを指数関数の式に変換すると4式 ($DM=0.199 W^{0.668} \div 0.2 W^{2/3}$) で表わされた。

乾物摂取量と体重との關係を見ると、NRC 標準 (1971)¹⁴⁾では、ほぼ MB ($W^{0.75}$) に比例して乾物摂取量は増加しているのに対し、本報での推定値では体重のほぼ $2/3$ 乗に比例した値で最も高い相関が得られた。代謝体重を求める場合の体表面積の推定式は牛における Webster¹⁸⁾ の推定式 ($0.09 W^{0.67}$) に近似した値を示し、乾物摂取量としては代謝体重の約2倍の値を示した。牧草の一般成分などの変数を含めた關係では、粗繊維含量と体重の $3/4$ 乗を変数とすれば (6) の關係式が、もう一つの変数として乾物含量をとり入れれば (7) 式が得られる。更に可溶性無窒物 (NFE) を変数としてとり入れると、(8) 式が得られる。同式の關係から、乾物含量、粗繊維含量が多く、可溶性無窒物含量が少ない方が乾物摂取量が多くなるという關係が得られた。これは生育が進んだ時期の草の方が多く採食されるという解釈もなりつつが、この点については、一般成分のみならず、採食に促進あるいは抑制的に作用する採食草中の化学組成を考慮して再検討が必要である。体重を除いて、気象条件を含めた關係では、温度、雨量、日照時間がいずれも負の要因となり、夏期における気象条件を強く反映しているものと考えられた。また、測定日も有意な關係を示していた。このことは、本試験で扱った要因のほかに草地の季節的变化や入牧後の動物の生理機能の変化など、他の要因が働いている可能性を示唆したのと考えられる。

2. 日増体量に關与する要因

日増体量に大きく影響していると推定された乾物消化率と気温による關係式では、気温が 15.8°C の場合に最も高い増体量が期待され、しかも、草の消化率が80% になった場合に、日増体量は1 kg にもなることが推定された。しかし、消化率が53% 以下になった場合には増体は期待できないこととなる。また消化率が70% の場合、日平均気温が 7°C 以下、 25°C 以上になると増体

しないことが推定された。しかし低温域における値は例数も少ないので、さらに例数を重ねていく必要がある。その他の要因としては、粗蛋白摂取量が正の要因として、灰分摂取量、粗脂肪含量が負の要因として關与していることが認められた。粗蛋白摂取量が増体量に対し、正の要因として働いていたのに対し、粗蛋白含量と採食量は負の相関を示した。このことは矛盾した結果に見えるが、粗蛋白質含量の多い草を摂取した方が採食量は少ないにしても、摂取された粗蛋白は家畜の体内で効率的に利用されていると考えられる。それに対し、粗脂肪含量は採食量と直接的な相関關係は低く、場合によっては正の要因として働くことが認められたが、増体量に対しては負の要因として働いている。このことは粗脂肪中に含まれる成分の中に、栄養素の吸収、利用を阻害する成分が含まれることを示唆しているのかも知れない。また、灰分摂取量が負の要因として關与していたが、これは灰分そのものが牧草のエネルギー摂取に対し抑制的に作用することも考えられるが、詳細は不明である。

排糞量についてみると、採食量よりも MB との相関が高く、MB 単位当り約 32 g の排糞量があることが推定された。また糞の乾物割合は下痢、軟便などの状態を知る指標となり得るが、本研究の結果では、育成牛の体重、外界の気温、牧草からの脂肪摂取量との間にいずれも負の關係が成り立っていた。この原因として、育成牛の發育段階や環境温度により、自律神経系やホルモンの動態が変化し、消化管内での通過速度や水分の吸収能に影響を与えていることも考えられる。脂肪摂取量との關係では、脂肪成分そのものによる通過速度の促進、あるいはエーテル抽出区分に含有される物質の腸管運動促進、水分吸収阻害なども考えられるが、何れも推測の域を出ない。

3. 採食量の推定

本試験で得られた推定値を NRC 標準と比較した結果 (Table 5) 体重 75 kg の場合には後者に比べ、62% 高いのに対し、450 kg になると8% 高いだけとなり、月齢、体重が進むにつれ、その差は小さくなることが示された。また、草の消化率を73% とし、可消化乾物 1 kg 当り 4 Mcal として可消化エネルギーを計算し、NRC 標準と比較すると、体重 75—450 kg の範囲では25—50%、NRC 標準より高く摂取していることが推定された。また放牧時に必要とされる維持エネルギーは、採食量と体重の変化から推定してみると、牛の場合舎飼に比べ50—100% 余分に必要であると Reid¹⁵⁾、Wallace¹⁶⁾、Hutton⁷⁾ が報告している。放牧時の綿羊の維持エネルギーは、Langland et al¹⁰⁾ と Coop¹⁾ &

Table 5. The comparison between NRC standard and estimated values

Body weight (kg)	NRC			Estimated values		
	dry feed (kg)	DE (Mcal)	maintenance (Mcal)	dry feed ^{a)} (kg)	DE ^{b)} (Mcal)	maintenance ^{c)} (Mcal)
75	2.1	6.6	1.5	3.4 (1.62)	10.0 (1.51)	3.1 (2.05)
100	2.9	8.8	2.0	4.2 (1.42)	12.0 (1.37)	3.5 (1.79)
150	4.1	11.9	3.1	5.4 (1.31)	15.7 (1.32)	5.2 (1.67)
200	5.3	15.0	4.1	6.5 (1.23)	19.0 (1.27)	6.4 (1.56)
250	6.5	17.6	4.8	7.5 (1.16)	22.0 (1.25)	7.4 (1.55)
300	7.5	19.8	5.6	8.5 (1.13)	24.8 (1.25)	8.6 (1.54)
350	8.4	21.6	6.2	9.4 (1.12)	27.4 (1.27)	9.7 (1.57)
400	9.3	22.9	6.9	10.3 (1.10)	30.0 (1.30)	11.2 (1.63)
450	9.5	23.4	7.5	11.1 (1.08)	32.4 (1.38)	12.8 (1.71)

The numbers in () show the estimated values divided by those in NRC standard.

(a) was calculated from $DMI=0.199W^{0.658}$

(b) was calculated from $DMI \times 0.73 \times 4 \text{ Mcal}$

(c) was calculated from $\frac{(N_m + N_g) \times (b)}{DE_{NRC}} - \frac{N_g \times 0.45}{DG_{NRC}}$

N_m : net energy for maintenance. N_g : net energy for gain

Hill は約 25%, Lambourne と Reardon⁷⁾ の報告では約 100%, 舎飼より多く必要であるとしている。さらに気管カニューレを装着した Mobile indirect calorimeter 法や, $NaH^{14}CO_2$ を用いて CO_2 entry rate を求めた結果でも, 放牧時に必要な維持エネルギーについて Young & Corbett¹⁷⁾ は舎飼より 60~70% 多く必要であるとし, Osuji¹²⁾ は 25~50% 多く必要であるとしている。本研究においても, 可消化エネルギー摂取量は NRC 標準より 25~50% 多いことが推定されたが, 平均日増体量は 0.45 kg であり, NRC 標準の 0.75 kg を 0.3 kg 下回っていた。この値はエネルギー換算すると 0.44~1.5 Mcal の値となる。そのため, 可消化エネルギーから正味エネルギーに至る効率が NRC 標準の値と変わりなく, しかも増体に要するエネルギーが舎飼いと放牧時で変化しないとして維持エネルギーを計算すると, 体重 75 kg では 105%, 250 kg では 54%, NRC 標準より多く必要とすることになる。このことから, 放牧時の維持エネルギーは NRC 標準の舎飼での値より 54~105% 多く必要となることが推定された。

以上のように, 本研究により, 多要因的な放牧条件下で比較的広範囲(生体重 75~464 kg)な放牧育成牛を対象に, 放牧育成牛の栄養管理上重要な, 採食量および乾物摂取量と発育値の平均像並びに放牧育成牛の最終的評価

につながる増体量に関与する主要な要因についての知見が得られた。今後, 更に採食量やエネルギー消費量など, 方法論的細目について再検討し, これらの推定値を補正して精度の向上を計るとともに, 他栄養素についても各要因相互の関係を明らかにする必要がある。特に, 放牧地の植生, 草生状態, 地形などの草地の条件と採食量および増体量との因果関係を明らかにし, 公共牧野など広域的な現実の場で, その適合性を実証していくことが重要である。

終わりに臨み, 本研究を遂行するに当たり, 終始御協力を頂いた, 当時生態部家畜生態研究室, 業務 2 科職員東西班の方々に対し, また, 試験期間中外来研究員として来室され, 化学分析などの労を惜しまれなかった, 石川県奥能登開発事務所 米田勇雄技師, 茨城県大家畜センター 磯 政雄技官, 石川県農業試験場 梶井正人技官, 岩手県畜産試験場 杉若輝夫技官, 愛媛県畜産試験場 溝淵一彦技官の諸氏に対し, 深甚の謝意を表す。更に, 本稿の御校閲を賜った, 難波直樹家畜部長に対し, 謝意を表す。

引用文献

- 1) Coop, I.E. & Hill, M.K. (1962): The energy re-

- quirements of sheep for maintenance and gain. *Grazing sheep*. J. Agric. Sci. 58: 187-199.
- 2) Graham, N. McC. (1964): Energy metabolism. p. 231. Academic press, London & New York
 - 3) Kameoka, K., Takahashi, S., & Morimoto, H. (1957): Variation in the excretion of chromic oxide by ruminant. J. Dairy Sci. 34: 426-467.
 - 4) 亀岡喧一・吉田 実・窪田大作・高橋正也 (1957): 消化率指示物質としての酸化クロームの定量について. 農技研報. G 13: 37-72.
 - 5) 亀岡喧一・森本 宏 (1957): 植物色素所謂クロモージェンを指示物質としての消化試験法について. I. クロモージェンの性質について. 農技研報 G 13: 77-91.
 - 6) 亀岡喧一・森本 宏 (1959): 植物色素所謂クロモージェンを指示物質としての消化試験法について. II. 常法およびクロモージェン法により求めた消化率の比較. 農技研報, G 17: 133-142.
 - 7) Hutton, J. B. (1962): The maintenance requirements of New Zealand dairy cattle. Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 22: 12-22.
 - 8) 川端幸蔵 (1972): 変数選択型の重回帰分析 (改訂版). 農林研究計算センター報告 A 8: 65-133.
 - 9) Lambourne, L. J. & Reardon, T. F. (1963): Effect of environment on the maintenance requirements of Merino wethers. Aust. J. Agr. Res. 14: 272-292.
 - 10) Langlands, J. P., Corbett, J. L., McDonald, I. & Reid, G. W. (1963): Estimate of the energy required for maintenance by adult sheep. Anim. Prod. 5: 1-9.
 - 11) National Research Council (1971): Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
 - 12) Osuji, P. O. (1974): The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. J. Range Management 27: 437-443.
 - 13) Reid, J. T., Woolfolk, P. G., Richards, C. R., Kaufmann, R. W., Loosli, J. K., Turk, K. L., Miller, J. I. & Blaser, R. E. (1950): A new indicator method for the determination of digestibility and consumption of forages by ruminants. J. Dairy Sci., 33: 60-71.
 - 14) Reid, J. T., Woolfolk, P. G., Hardison, W. A., Martin, C. M., Brundage, A. L. & Kaufman R. W. (1952): A procedure for measuring the digestibility of pasture forage under grazing conditions. J. Nutrition. 46: 255-269.
 - 15) Reid, J. T. (1958): Pasture equation-nutritional and economic aspects of feed utilization by dairy cows. p. 20, Høglund, C. R. ed., Iowa State College Press.
 - 16) Wallace, L. R. (1955): Intake of dairy cows at pasture in relation to their productive performance. p. 20, Anim. Res. Div. New Zealand Dep. Agr. Rep. 1955-1956.
 - 17) Young, B. A. & Corbett, J. L. (1972): Maintenance energy requirement of grazing sheep in relation to herbage availability. 1. Calorimetric estimates. Aust. J. Agr. Res. 23: 57-76.
 - 18) Webster, A. J. F. (1974): Heat loss from cattle with particular emphasis on the effects of cold. p. 205-231, In. J. L. Monteith & L. E. Mount ed. Heat loss from animal and man. Butterworths, London

SUMMARY

Estimations of Feed Intake and Daily Gain of Holstein Heifers
under Grazing Condition

Ichiro TAHATA, Shūich OSHIO, Tsuyako AMI and Haruo KOBAYASHI

*Animal Science Division, National Grassland Research Institute,
Nishinasuno, Tochigi, 329-27 Japan*

Received May 15, 1979

The feed intake of total 283 Holstein heifers under grazing condition were measured with chromogen-chromic oxide technique. The relationship among the feed intake and other 27 variables containing body weight, daily gain, chemical composition of forage and meteorological data were investigated with multiple regression analysis. Following equations were obtained in which constants were statistically significant ($P < 0.01$). The results obtained were as follows:

1. $DMD = 0.199 W^{0.658} \mp 0.2 W^{2/3}$ ($r = 0.636$)
2. $DMD = 0.329 DMP + 0.269 FIP - 0.172 NFP + 1.056 DG + 0.115 MB - 5.962$ ($R = 0.782$)
3. $DG = 0.0351 DMD - 0.00803 T^2 + 0.257 T - 3.89$ ($R = 0.480$)
4. $DG = 0.0269 DMD - 0.00768 T^2 + 0.256 T + 0.677 CPI - 0.510 ASI - 0.119 FAP - 3.09$ ($R = 0.542$)
5. $DG = 6.818 DOMB - 0.171$ ($r = 0.270$)
6. $DMP = 0.0318 MB + 0.056$ ($r = 0.688$)
7. $FDMP = -0.111 T - 2.02 FAI - 0.0165 MB + 17.24$ ($R = 0.422$)

DMI, CPI and ASI: intake of dry matter, crude protein and ash in Kg per day respectively. W: body weight (Kg). MB: metabolic body size ($W^{3/4}$). DMP: dry matter content of forage based on wet sample (%). NEP, FIP and FAP: contents of nitrogen free extract, crude fiber and crude fat in forage respectively on dry matter base. DMD: dry matter digestibility (%). T: mean environmental temperature ($^{\circ}C$). DOMB: digestible organic matter intake per metabolic body size. DMD: fecal dry matter output (Kg/day). FDMP: dry matter percent of faeces (%).

As a result of comparison between NRC standard and estimated values of each body weight from equation 1, dry matter intakes and energy for maintenance of Holstein heifers under grazing condition were higher than those of large breed of heifers kept indoors in NRC standard respectively by 8-62% and 54-105%, though the difference between the two values become smaller with increasing body weights. Furthermore, it was suggested from the equation 3 that the most suitable temperature for obtaining the greatest daily gain was estimated to be about $15.8^{\circ}C$.