

チモシーにおける諸形質の変異

第2報 多重回帰式による葉部形質，特に多葉性の推定

嶋田 徹[†] 真木 芳助^{††}

VARIATION OF VARIOUS CHARACTERS IN TIMOTHY

2. Estimation by Multiple Regression Equation for Various Foliage Characters, especially Leafiness

Tohru SHIMADA & Yoshisuke MAKI

チモシーの系統間には葉部形質に関して広範な変異がみられる。しかしその実用的な意義が明確でないために、最近まで選抜の対象となることはまれであった。本研究は葉部に関する2, 3の形質を多重回帰式を利用して評価したもので、多葉性の評価法として1つの有効な方法であると考えられる。

I 緒 言

茎に対する葉の栄養的な利点から生産物中に含まれる葉部の割合は粗飼料の飼養価値を決定する重要な要因であるとされてきた。そのため牧草育種ではこの葉部の割合、すなわち葉部率を多葉性と呼び、重要な育種目標として扱ってきた。特にチモシーの育種においては育種材料として現在広く利用されている北海道在来種がこの多葉性の点で非常に劣っているため、重要な育種目標として強い選抜が加えられている。

イネ科牧草の多葉性に関する選抜についての報告はあまり多くないが⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾、これらの研究によると、多葉性の遺伝力は一般に低く選抜効果はあまり期待できないようである。選抜効果があがらない最大の原因は、多葉性を評価することが非常にむずかしいためであると考えられる。多数個体を同時に扱わねばならない選抜の場ではハンド・セパレーションによって直接定量することは当然不可能なので、現在では採点法による評価が広く

行なわれている。多葉性を採点法によって評価することは、欧米において広く行なわれており効果的であるとされている⁽⁵⁾。しかし、筆者らはこの採点法による評価が必ずしも有効でないという結果を得ている。また近時飼料として、蛋白よりむしろ乾物量がより要求されているなどの事情から、評価法を含めて多葉性という形質自身も再吟味する必要を痛感している。いずれにしても多葉性の評価法が確立されねばならない。そこで多葉性を含む2, 3の葉部形質について、その推定法とその個体間分散に影響を及ぼす構成要素を径路分析により検討した。

なお本論文をまとめるにあたり北見農業試験場長中山利彦博士に多大なご指導とご援助をいただいた。付記して感謝の意を表する。

II 材料および方法

観察ほに個体植えた Itasca, Wisconsin, Climax, Heidemij の4品種の2年目1番草を供試した。各品種について熟期のそろった15個体を選び形質を測定した。調査時における各品種の熟期は Itasca, Wisconsin, Climax が穂揃

[†] 元北見農業試験場(現帯広畜産大学)

^{††} 元北見農業試験場(現北海道農業試験場)

期, Heidemij は出穂期であった。

観察した形質中, 葉の大きさは止葉から第 2 葉目の葉をリプリント法により測定した。また稈径は穂首と第 1 節間の中間の部位を株当たり 15 茎について測定した。ほかの形質については通常の方法によった。

III 試験結果

1. 採点法による多葉性の評価

採点法による多葉性の評価の有効性を検討するため, 比較的熟期のそろっている同一品種に属する 50 個体を使い, 採点法による実際の採点と多葉性に関係すると思われる諸形質の相関係数を求めた。同一品種に属する調査個体ではあったが多葉性について比較的大きい変異が認められた。これを ABCD の 4 人の観察者が 1~9 の採点法で評価を行なった。相関係数は Table 1 のとおりであり, 葉部率はもとより, ほかのいずれの形質とも相関係数はきわめて低く評価が有効に行われなかったことが分かる。

Table 1 Correlation coefficients between the score of leafiness by scoring method and various leaf characters (n=50)

Characters	A	B	C	D
Leaf weight per plant	-.153	.068	-.108	.025
Leaf stem ratio	-.048	.183	.199	-.178
Leaf weight ratio	-.010	-.065	.212	-.140
Number of leaves per culm	-.107	.074	-.146	.113
Total no. of leaves per plant	-.089	.169	-.283	-.154
Length of leaf blade (2nd leaf)	.044	.164	.178	.002
Width of leaf blade (2nd leaf)	.068	.158	.117	.141

現在報告されている多葉性に関する統計量の多くは, 比較的変異の大きい品種群を採点法によって評価した結果である。それらのほとんどが採点法と実測値の照合を行っていない Table 1 の結果は照合の重要性を示唆している。

2. 葉重と個体重の関係

観察による評価がどうして精度が低いのか, 葉部率を構成する葉重と個体重の関係から検討し

た。4 品種について, 相対生長の式および直線回帰式で全植物重から葉重を推定すると Table 2 のようであった。またそれらの関係を図示すると Fig. 1 のようである。

Table 2 Regression coefficients in allometry* and linear equation estimating leaf weight from plant weight (dry matter base) and determination coefficients**

Varieties	Regression Coeff.		Determination Coeff. (%)	
	allometry	linear	allometry	linear
Itasca	1.06	.169	87	87
Wisconsin	.80	.161	83	87
Climax	.87	.195	87	84
Heidemij	.72	.175	84	84
Total	.85	.177	84	85

* $\log Y = A + B \log X$

** Square of multiple correlation coefficient

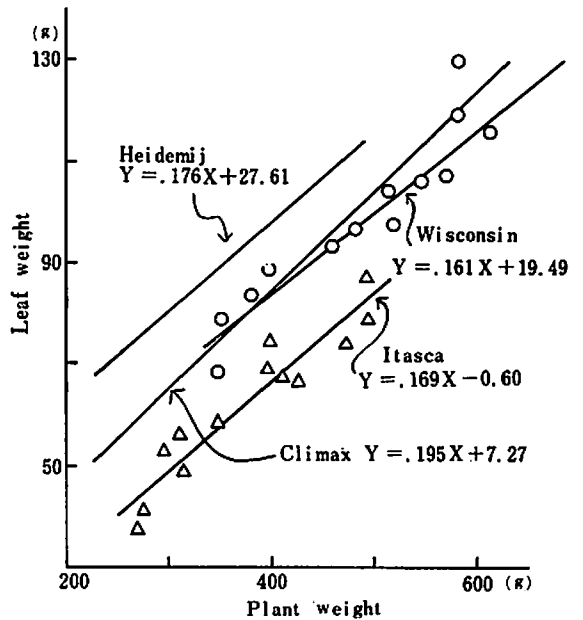


Fig. 1 Relationship between leaf weight and plant weight

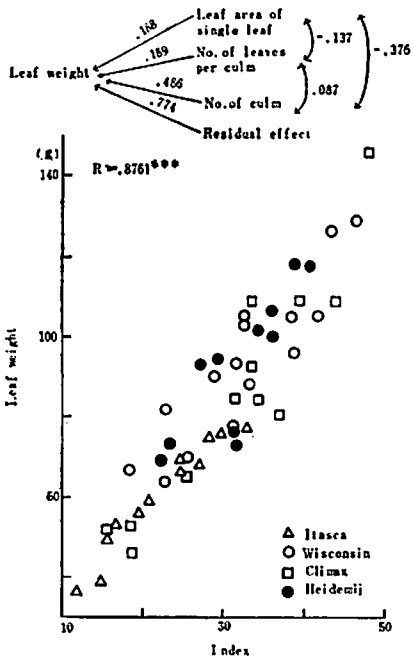
回帰による推定値と実測値の相関係数を自乗したものを決定係数として Table 2 にあわせて示した。これらの図表から, 葉重の個体間分散の 80~90% が個体重からの回帰によって推定できることがわかる。また品種間で回帰係数や定数に差が認められるが, 熟期を考慮することによって説

明されるように思われる。

このように、葉重の個体間分散は比較的大きいのに、そのほとんど個体重の回帰によって決まり、真の多葉性の分散を示す回帰からのはずれの分散は非常に小さい。このことが評価を非常に困難にしている原因と思われる。

3. 葉重とその構成要素の関係

葉重の個体間分散は、その構成要素のどの部分によって決定されるのか検討した。ANDERSON¹⁾は個体当たりの葉重を茎数、茎当たり葉数、葉身長、葉身幅の積として推定できることを報告している。ここでは葉身長と葉身幅から平均葉面積を推定した。これらの構成要素と葉重の関係を経路分析によって検討すると Fig. 2 のようであった。



$$\text{(No. of leaf per culm} \times \text{length of leaf} \times \text{width of leaf} \times \text{no. of culm)}$$

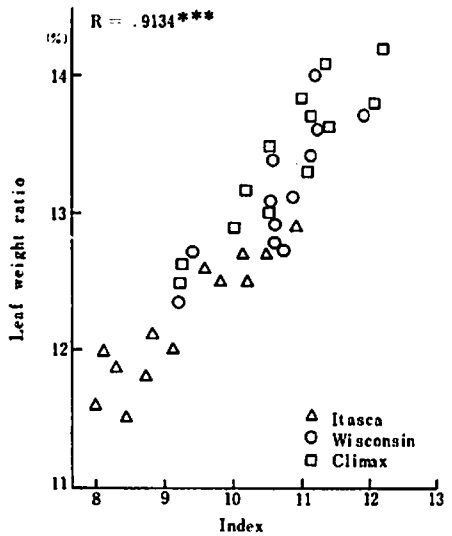
Fig. 2 Relationship between leaf weight and the index of leafiness and path diagram of the elements to leaf weight

図中片矢印は標準化された偏回帰係数を、両矢印は相関係数を示している。品種と関係なく、葉重はこれらの構成要素の積によって推定できることがわかる。また形質では茎数が葉重の個体間分散を決定するうえで比較的重要であった。

4. 葉部率とその構成要素の関係

Fig. 3 に付記したような考え方で形質を整理し、葉部率を葉面積、茎当たり葉数、稈径、稈長によって推定した。最も熟期のおそかった Heidemij を除く 3 品種ではきわめて高い精度で推定を行なうことができた。

$$\text{Leaf weight ratio} = \frac{\text{Leaf weight}}{\text{Plant weight}} = \frac{\text{Leaf weight}}{\text{Culm weight}} \times \frac{\text{Leaf area} \times \text{No. of leaves per culm} \times \text{No. of culm}}{(\text{Culm-diameter})^2 \times \text{Culm length} \times \text{No. of culm}}$$



$$\text{leaf area} \times \text{no. of leaves per culm} \times (\text{culm diameter})^{-2} \times (\text{culm length})^{-1}$$

Fig. 3 Relationship between leaf weight ratio and index

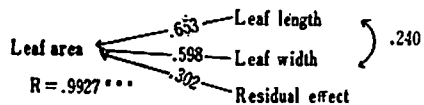
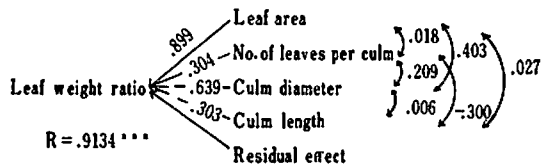


Fig. 4 Path diagrams of leaf weight ratio and leaf area

ついで、これら 4 形質のうちどの形質が相対的

により重要であるかを明らかにするため、葉重の場合と同様に径路分析を行なった。その結果を示すと Fig.4 のようである。

葉部率の個体間分散は、平均葉面積と稈径によって主として決定づけられていることがわかる。また平均葉面積は葉身長が伸びても、葉身幅が大きくなっても共に大きくなるが、どちらがより重要であるかをみた。Fig. 4 の下図から両者間では大きな差がないことが認められる。

5. 平均葉面積の測定方法

平均葉面積を推定する際、葉位によって葉の大きさが非常に異なるので誤差を伴い易く、多くの場合過剰に推定されることが知られている。この欠点は、採取すべき葉位を初めから決めておくことによって防ぐことができる。その際、第何葉が良いか検討した。結果を示すと Table 3 のようである。反復力から判断して第3葉について測定するのが最も良いようにみえる。

Table 3 Repeatability of leaf area of leaf blade at each node of culm

Leaf position	among varieties	among plants
1st leaf	39	24
2nd leaf	68	50
3rd leaf	84	46
4th leaf	80	56
5th leaf	75	47

Flag leaf=1st leaf

また、イネ科牧草の葉面積は葉身長と葉身幅の積によって推定できることを LANGER²⁾ が紹介しているが、その際葉身のどの部位を測定して葉身幅とするか人によって異なっている。LAR らは全長の1/2の部位を、COOPER²⁾ は最も幅の広い部位を、LANGER²⁾ は1/3と2/3の部位を測定し、その平均値を葉の幅としている。これら3つの方法を比較してみると Table 4 のようであった。

決定係数を比較すると、LANGER の方法が最も精度が高く優れているが、ほかの方法も精度が高く手数を考えると LAR らの全長の1/2の部位を測定する方法が最もまっさっているように思われる。

Table 4 Coefficients of regression equation estimating leaf area by cross product of leaf width and length

Varieties	Regression coeff.			Determination coeff. (%)		
	W 1/2	Wmax	M.W.	W 1/2	Wmax	M.W.
Itasca	.859	.745	.930	95	95	97
Wisconsin	.788	.788	.875	93	92	97
Climax	.825	.784	.904	95	97	99
Heidemij	.845	.767	.902	97	98	99
Total	.832	.772	.905	96	96	99

W 1/2=width at a half length of blade

Wmax=maximum width of leaf blade

M. W.=mean value of width at one third and two third length of leaf

IV 考 察

おそくとも出穂期までには刈取り利用されるイネ科牧草にあつては、観察される対象は茎葉のみからなる植物体に限られる。チモシーの多くは個体や系統をこのような植物体と比較すると、葉部形質に限っても驚くほど多様で広範な変異が認められる。しかしこのような変異を前にしていつも当惑することは、これらのどの特性をどちらの方向に選抜していったらよいかということ、すなわちどのような理想型を描いたらよいかということである。また選抜されるべき特性と方向がきまってもそれをどのように数量化し評価していったらよいかということも多くの場合問題となる。たとえば葉の大きさ、出葉速度、葉部率、葉位など葉部に関するどの形質を取りあげてもこのことは一般的である。

これらの問題を解決するため、葉部における諸形質の実用的な意義を乾物生産の面から、あるいは家畜飼養の面から検討していくことが重要である。牧草育種におけるこの方面の研究は、現在まで非常に少ない。先にあげた多葉性の選抜試験のほか、COOPER²⁾ が出葉速度と葉の大きさについて行なった選抜実験などがまれな例として知られている。

この方面の研究が少ない最大の理由は、おそらくこれらの形質を評価することが非常に手数がか

かることであろう。本試験の結果は、葉の大きさ、葉重、葉部率などの形質がその構成要素の多重回帰式によって推定できることを示した。この方法もかなり手数のかかることは避けられないが、問題解決のための手段として役立つであろう。

V 摘 要

葉部に関する2、3の形質、特に多葉性をその構成要素による多重回帰式によって推定し検討した。

1. 採点法による葉部率の推定は有効でなかった。葉部率は平均葉面積、茎当たり葉数、稈径、および稈長の4形質による多重回帰で推定することができた(重相関係数 $R=0.913^{***}$)。経路分析によると葉部率の個体間分散は主として葉面積と稈径によって決定された。

2. 葉重は茎当たり葉数、平均葉面積、茎数による多重回帰式で推定できた($R=0.876^{***}$)。個体間分散には茎数が比較的大きな影響を持った。

3. 平均葉面積は、葉身長と $\frac{1}{2}$ 部位を測った葉身幅との積によって正確に推定することができた。

引用文献

1. ANDERSON, K. and A. F. ALDOUS, 1938; Improvement of *Andropogon scoparius* Michx. by breeding and selection. Amer. Soc. Agron. J., 30: 862—869.
2. COOPER, J. P. and K. J. R. EDWARDS, 1961; The genetic control of leaf development in *Lolium* I. Assessment of genetic variation. Heredity, 16: 63—83.
3. HANSON, A. A. and H. L. CARRAHAN, 1956; Breeding perennial forage grasses. U. S. D. A. Tech. Bull., No. 1145.
4. HEINRICH, D. H., 1953; Methods of breeding *agropyron intermedium*. Cand. J. Agr. Sci., 33: 470—479.

5. JOHNSON, I. J., 1952; Effectiveness of recurrent selection for general combining ability in sweet clover, *Mellilotus officianalis*. Agron. J., 44: 476—481.
6. KALTON, R. R., A. G. SMITH, and R. C. LEFFEL, 1952; Parent-inbred progeny relationships of selected orchard-grass clones. Agron. J., 44: 481—486.
7. LANGER, R. H. M., 1956; Measurement of leaf growth in grass. In the growth of leaves, edited by F. L. MILTHRUP, Butterworths, London.
8. WEISS, M. G., I. B. TYLOR, and I. J. JOHANSON, 1951; Correlations of breeding behavior with clonal performance of orchardgrass plant. Agron. J., 43: 594—602.

Summary

Leaf characters, especially leafiness was studied in 60 plants of 4 varieties of timothy.

1. A scoring method was not effective in evaluating leafiness. Leafiness could be estimated by a multiple regression equation using leaf area, number of leaves per culm, culm diameter, and culm length. The multiple correlation coefficient was highly significant ($R=0.913^{***}$). Path Coefficient analysis indicated that leaf area and culm diameter were relatively important in determining the variations of leafiness among plants.

2. Leaf weight per plant could be estimated also with number of leaves per culm, leaf area, and number of culm per plant ($R=0.876^{***}$). Number of culm was relatively important.

3. Leaf area of single leaf blade could be estimated exactly by the cross product between length of leaf blade and width at a half length of the leaf.