

オーチャードグラスの消化率に対する遺伝率の推定

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	雑賀, 優
巻/号	26巻4号
掲載ページ	p. 354-359
発行年月	1981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



オーチャードグラスの消化率に対する遺伝率の推定

雑 賀 優

要 旨

雑賀 優 (1981) オーチャードグラスの消化率に対する遺伝率の推定. 日草誌 26, 354-359.

消化率に対する選抜効果を予測するために、年間2回刈りの管理の下で遺伝率を推定した。2番草の消化率で高、中、低個体を選抜し、集団ごとに隔離採種した次代個体の消化率を調べたところ、1番草では親株、次代とも高、中、低消化率の集団間にはほとんど差は認められなかった。2番草では、中、低消化率の集団間に差は認められなかったが、これらと高消化率の集団との間に明らかな差がみられ、選抜実験による遺伝率 (h_{BN}^2) の推定を試みたところ 0.42~0.60 が得られた。つぎに消化率選抜個体と雄性不稔個体との交雑によって、親子回帰による狭義の遺伝率を推定した。中間親および F_1 個体の消化率の変異幅に差が認められたため、消化率の値を標準化して遺伝率 (h_N^2) を求めた結果、1番草で 0.73 と 0.84、2番草で 0.70 と 0.84 のいずれもきわめて高い値が推定された。しかし、供試した消化率選抜個体がわずかに3個体であり、しかも消化率選抜個体の消化率の変異に比較して雄性不稔6個体のそれは小さいため、推定された遺伝率の精度は低いと考えられ、過大評価された可能性が高い。1番草と2番草の消化率に対する選抜効果を比較すると、1番草では個体の消化率と年次間の交互作用が高く、選抜効果が大きいという報告もみられないが、2番草では選抜実験の結果とこれまでの報告から交互作用は小さく、2番草に対する選抜効果がより高いと推察された。

緒 言

選抜効果を予測する上で遺伝率は重要である。牧草の消化率に対する遺伝率について、バミューダグラス¹⁾、リードカナリーグラス^{2,3)}、ローズグラス¹⁰⁾、スムーズブロームグラス^{3,5)} 等で推定が試みられ、いずれもかなり高い値が得られたことから、高い選抜効果が期待できると報告されている。

著者らは、オーチャードグラスについてその消化率を向上させるための育種研究を行っており、すでに個体間および品種間変異^{12,13)}、消化率と形態的・生理的形質との関連^{14,15,16)}、形態的・生理的形質による消化率推定値の個体選抜への適用¹⁷⁾について報告した。これらの研究の結果、オーチャードグラスの消化率は年間刈取り回数としては少ない2回刈りで品種間差異が大きく表われ、またこの2回の刈取り期での消化率を比較すると、1番草(出穂期)では年次により品種および個体の消化率の順位が逆転することがあるが、2番草では年次による逆転はみられないことが明らかになった。そこで本試験では、年間2回刈りでの2番草について消化率の高低で選抜した母材およびその後代を用い、選抜効果を遺伝率の面から明らかにしようとした。

供試材料および試験方法

1. 供試親株の選定

北海道農業試験場 (061-01 札幌市豊平区羊ヶ丘)

選抜母集団は、北海道農試で育成した北海1号~7号の各64個体とキタミドリ63個体、計511個体で構成されている。1973年春に1.0m×0.5m間隔で個体植えし、年間2回刈りの管理を行った。1975年には、6月20日に1番草を刈取った後の再生草から、8月12日に全個体いっせいに消化率測定用試料を採取した。選抜母集団の消化率の分布を Fig. 1 に示した。このときの消化率の測定値に基づき高消化率個体 (HDC: 72.6% 以上)、中消化

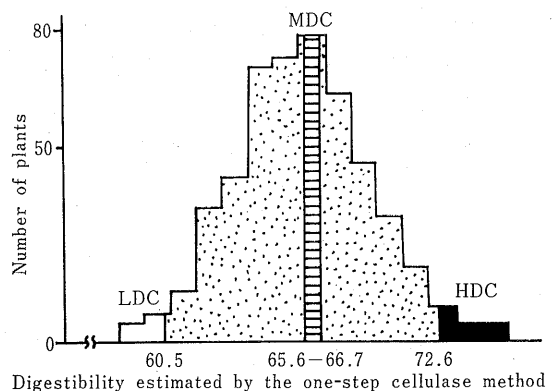


Fig. 1. Selection of experimental materials from orchardgrass Hokkai 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and Kitamidori. August 12, 1975. HDC, MDC and LDC indicate high-, medium- and low-digestibility clone respectively.

Table 1. Origin and digestibility of orchardgrass plants used for parents.

Experiment No.	Plant No.	Origin	Digestibility ^{a)} Aug. 12, 1975
1	HDC 1	Hokkai 4-19	75.4%
	HDC 4	Hokkai 4-6	72.8
	HDC 5	Hokkai 4-30	72.6
	HDC 6	Kitamidori-22	73.9
	MDC 1	Kitamidori-1	66.0
	MDC 2	Kitamidori-14	66.7
	MDC 3	Kitamidori-20	66.5
	MDC 4	Kitamidori-25	66.0
	MDC 5	Kitamidori-35	65.6
	LDC 1	Hokkai 4-57	60.5
	LDC 2	Hokkai 6-1	60.5
	LDC 3	Kitamidori-10	59.0
	LDC 4	Kitamidori-47	58.0
LDC 6	Kitamidori-63	60.1	
2	HDC 7	Hokkai 1-27	71.8
	MDC 7	Kitamidori-4	65.6
	LDC 7	Hokkai 4-43	61.8
	MS 1 ^{b)}	MS 3×IV 6 ^{b)}	
	MS 6		

a) by the one-step cellulase method.

b) given by Dr. CHRISTIE in the Univ. of Guelph.

率個体 (MDC: 65.6~66.7%), 低消化率個体 (LDC: 60.5% 以下) の各 7 個体, 計 21 個体をそれぞれ選抜した。HDC, MDC, LDC の 6 個体を選抜順位 (HDC は高消化率個体から, LDC は低消化率個体から, MDC は両者の中間の消化率を示す個体から) に従って選んだ計 18 個体を試験 1 の選抜実験に用い, 残りの 3 個体は試験 2 の雄性不稔個体の花粉親とした。

2. 試験 1

HDC, MDC, LDC の各 6 個体ずつを 1976 年 6 月に隔離温室に栽植して相互交雑させた。しかし開花期が一致しない個体を開花前に除外したため HDC, MDC, LDC の集団の親株数はそれぞれ 4, 5, 5 個体となった。採種は親株ごとに行い, 各親株の次代を 10 個体ずつ養成し, 1977 年 5 月に 0.8 m × 0.8 m の間隔で定植した。しかし LDC の次代個体が一部枯死したため, 次代の個体数は Table 1 に示した通り, HDC, MDC, LDC それぞれ 40, 50, 38 個体である。1978 年には, 消化率測定用試料の採取を 2 番草 (1 番草を 7 月 7~8 日に刈取った後の再生草, 8 月 28 日採取) について行い, 1979 年は 1 番草を各個体の開花始日 (6 月 19~22 日) に採取, その後 6 月 29 日に全個体を一せいに刈取り, 2 番草を 8 月 30 日に採取した。

3. 試験 2

高・中・低消化率の各 1 個体 (親株) を, カナダのゲルフ大学 (クリスティ教授) から導入した雄性不稔 6 個体 (すべてほぼ完全な細胞質雄性不稔と考えられる) と交雑し, 計 18 組合せの次代種子を得た。各組合せについて 10 個体を養成し, 1977 年 5 月に 1 度圃場に植え, 同年 8 月には各個体を 3 分割し, 栄養系による 3 反復乱塊法で合計 540 個体を配置した。栽植間隔は試験 1 と同様 0.8 m × 0.8 m である。親株は栄養系による (2 反復で, 同圃場に栽植した。1978 年および 1979 年の 2 年間, 1 番草を各個体の開花始日, 2 番草を 8 月下旬に消化率測定用試料を採取した。

4. 消化率測定法

採取した試料は約 24 時間 80°C で乾燥させ, カッターで一度細切した後コーヒーマルにかけ (1 番草は 60 秒, 2 番草は 40 秒) 粉碎した。消化率測定法はワンステップセルラーゼ法¹²⁾により, 測定値を $y = 27.68 + 0.83x$ の回帰式に代入し *in vivo* 乾物消化率を推定した。この回帰式は, 北海道立滝川畜試から分譲を受けたオーチャードグラス 29 点⁹⁾ の測定結果に基づいて得られたものである。

試験結果

1. 試験 1: 選抜実験による遺伝率の推定

親株および次代の 1978 年における消化率推定値を Table 2 に示した。親株の消化率は栄養繁殖による 2 個体の平均値, 次代の消化率は LDC の 1 部を除き 10 個体の平均値である。親株間の消化率の変異をその変異幅でみると, HDC: 6.1%, MDC: 2.4%, LDC: 8.9% となり, 特に LDC の変異が大であった。これら親株の HDC, MDC, LDC 各集団平均値はそれぞれ 66.2%, 61.5%, 61.4% であり, MDC と LDC 間の差は小さかったがこれらと HDC 間の差は大きかった。HDC, MDC, LDC の次代集団の消化率平均値はそれぞれ 63.9%, 91.3%, 61.6% で, 親株と同様 MDC と LDC の次代集団間の差は小さく, これらと HDC 次代集団間の差は親株ほど大きくないが差が認められた。

つぎに, 1979 年の 1 番草と 2 番草で同様のことを調べた。1 番草では, 各選抜集団の親株の消化率平均値は 57.0~58.5% でその差は小さく, 次代集団のそれも 57.2~58.5% で明らかな差は認められなかった (Fig. 2)。しかし 2 番草では, HDC, MDC, LDC 各集団の親株における消化率の平均値はそれぞれ 67.1%, 61.0%, 59.3%, 次代集団における消化率平均値はそれぞれ 62.3%, 58.8%, 59.0% で, 1978 年と同様 MDC と LDC の間

Table 2. Digestibility of parental plants and offsprings. Aug. 28, 1978.

Plant No. ^{a)}	Digestibility of parents (%)	Digestibility of offsprings (%)		
		n	\bar{x}	sd
HDC 1	65.3	10	65.0	2.8
HDC 4	66.4	10	60.9	2.6
HDC 5	69.6	10	65.6	2.2
HDC 6	63.5	10	64.1	2.2
All	66.2	40	63.9	3.0
MDC 1	62.9	10	60.5	2.0
MDC 2	60.5	10	61.2	3.4
MDC 3	62.2	10	62.5	1.8
MDC 4	62.6	10	62.5	2.8
MDC 5	61.3	10	59.8	3.8
All	61.9	50	61.3	3.0
LDC 1	62.2	5	61.0	2.4
LDC 2	64.8	10	60.8	2.3
LDC 3	55.9	10	60.2	2.5
LDC 4	62.4	3	61.2	2.7
LDC 6	61.6	10	64.8	1.9
All	61.4	38	61.6	2.9

a) HDC, MDC and LDC indicate high-, medium- and low-digestibility clone respectively.

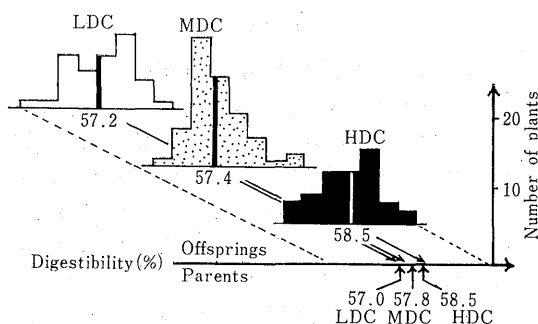


Fig. 2. Digestibility of parents and distribution of digestibility of offsprings for the first growth, June in 1979, Experiment 1.

Remark: Refer to Fig. 1 for HDC, and LDC.

に差はないが、これらと HDC との間には親株、次代共に明らかな差が認められた (Fig. 3)。

以上の結果に基づき、遺伝率を $hbn^2 = (M_1'' - M_2'') / (M_1' - M_2')$ (M_1' および M_2' は選抜群の平均値, M_1'' および M_2'' は選抜系統の次代の平均値) として推定した¹⁸⁾。1 番草 (1979) では選抜集団間の消化率の差が小さく、遺伝率の推定精度が低いと考えられるため、2 番草についてのみ推定した。その結果、HDC と LDC の選抜および次代集団間比較では 1978 年に $hbn^2 = 0.48$, 1979 年に 0.42, また HDC と MDC の選抜および次代集団間比

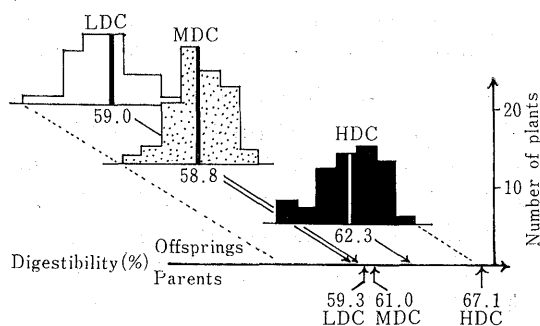


Fig. 3. Digestibility of parents and distribution of digestibility of offsprings for the aftermath, August in 1979, Experiment 1.

Remark: Refer to Fig. 1 for HDC and LDC.

較では 1978 年に 0.60, 1979 年に 0.57 の値が得られた。

2. 試験 2: 親子回帰による遺伝率の推定

オーチャードグラスは自然状態では部分的に自殖するといわれているが、消化率選抜個体と雄性不稔個体との交雑の次代は完全他殖集団と変わらないため、試験 2 では親子回帰により狭義の遺伝率を推定した。

Fig. 4 には 1978 年の成績を示した。試験方法で述べたように親株は 2 反復、次代は 10 個体の 3 反復のため、中間親および次代の消化率はそれぞれ 4 個体および 30 個体の平均値である。2 番草 (Fig. 4-B) では、中間親、

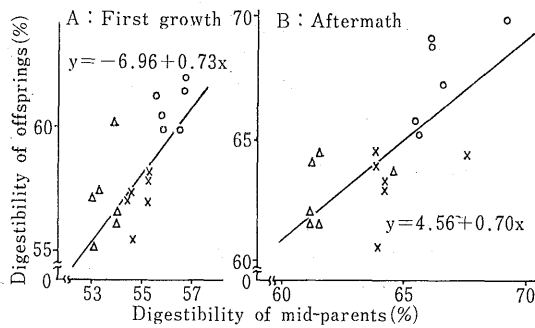


Fig. 4. Relationships between digestibility of mid-parents and that of offsprings, 1978, Experiment 2.

Remarks, ○: HDC×MS 1-6, △: MDC×MS 1-6, ×: LDC×MS 1-6.

Refer to Fig. 1 for HDC, MDC and LDC. MS indicates Male Sterile plant. Regressions are based on the figures changed into standard units.

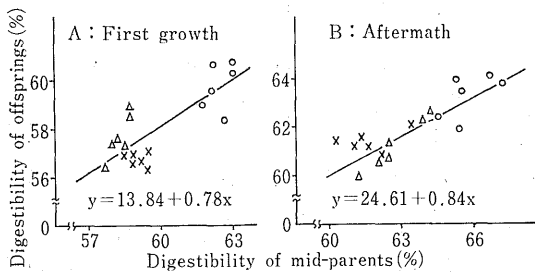


Fig. 5. Relationships between digestibility of mid-parents and that of offsprings, 1979, Experiment 2.

Remarks, ○: HDC×MS 1-6, △: MDC×MS 1-6, ×: LDC×MS 1-6.

Refer to Fig. 1 and Fig. 4 for HDC, MDC, LDC, MS. and regressions.

次代共変異は大きく変らなかったが、1番草 (Fig. 4-A) では、中間親の3.5%に対して次代は8%でかなりの差がみられた。このため、FREY & HORNER⁷⁾による方法で中間親および次代の消化率を標準化して回帰式を求めたところ、1番草では $y = -6.96 + 0.73x$ 、2番草では $y = 4.56 + 0.70x$ が得られ、狭義の遺伝率はそれぞれ0.73および0.70と推定された。

つぎに、Fig. 5によって1979年の中間親と次代の消化率の関係を調べた。1番草 (Fig. 5-A)、2番草 (Fig. 5-B) 共に中間親の変異幅に比較して次代間の変異幅が小さかった。そこで、1978年と同様に標準化した値を用いて回帰式を求めたところ、1番草では $y = 13.84 + 0.78x$ 、

2番草では、 $y = 24.61 + 0.84x$ の回帰式が得られ、狭義の遺伝率はそれぞれ0.78および0.84と推定された。

考 察

COOPER ら⁵⁾は、オーチャードグラスの再生草 (7月、8月) について、親子回帰による狭義の遺伝率を0.52~0.53と推定し、CHRISTIE & MOWAT³⁾は開花期のオーチャードグラスで広義の遺伝率を0.73~0.74と推定した。本報告の試験2では、親子回帰による狭義の遺伝率は、1番草 (開花期) で0.73と0.78、2番草 (8月) で0.70と0.84のいずれも高い値が推定された。これらの結果は、消化率には季節に関係なく遺伝子の相加的効果が大きく、表現型選抜でも選抜効果が期待できることを示唆している。

しかしながらCHRISTIE⁴⁾が、オーチャードグラスおよびスミズブROOMグラスの1番草について、消化率の高・低両方向に1回の選抜を行った結果、次代集団間に差はみられず、選抜の効果が認められなかった。遺伝率が高いにもかかわらず選抜効果が認められなかったことについては、CHRISTIEはこれまでに推定された遺伝率が過大評価されているのではないかと疑問をいだいた。一方CARLSON ら⁹⁾は、リードカナリーグラス (10月上旬) について *in vitro* 可消化草量で高い遺伝率が推定されたにもかかわらず個体と年次間に交互作用を認め、COULMAN & KNOWLES⁶⁾も、ホイートグラスの1番草で狭義の遺伝率を0.36~0.76と推定したが、個体の消化率の年次間変動が大きかったため、消化率に対しては2年以上の評価で選抜を行うべきであると述べている。

試験2で2カ年にわたり狭義の遺伝率を推定したところ、1、2番草共に高い値が得られたが、これらの値、特に1番草の値は過大評価された可能性が高い。なぜなら、狭義の遺伝率は広義の遺伝率より低い値をとり、広義の遺伝率でも0.5以上の場合は高いといわれるのに、試験2で得られた0.70~0.84はきわめて高い値であること。さらに、これらの高い遺伝率にもかかわらず、前述のCHRISTIEらは、オーチャードグラスの1番草に対する選抜効果がみられなかったと報告している。著者が別に行った研究¹⁷⁾でも、オーチャードグラスの1番草では個体の消化率の順位が年次間で逆転することがあり、大きい選抜効果が期待できないことが明らかになった。一方2番草では、試験1および試験2で供試した親株・次代共MDCとLDC集団間に差は認められなかったが、狭義の遺伝率が高い場合にはHDCとMDCおよびLDCの集団間ばかりでなく、当然MDCとLDCの集団間にも差が認められるはずである。

そこで過大評価の原因を探ると、供試材料に問題があったと考えられる。当初の試験計画の段階では、消化率選抜個体6、雄性不稔個体6のすべての組合せ(36)で行う予定であったが、隔離温室の1部故障により消化率選抜個体が3になったこと、さらに雄性不稔6個体の消化率の変異が、消化率選抜個体の消化率の変異に比較して著しく小さかったことに問題がある。

CHRISTIE⁴⁾がオーチャードグラスおよびスームズブroomグラスの1番草について行った選抜実験の結果も、選抜を行った年と次代検定を行った年の気象条件の相違により、個体の消化率の順位に変動がおきたと考えれば理解できる。著者が行った試験の結果¹⁷⁾、2番草では気象条件がかなり異なった年次間でも、個体の消化率の順位に大きな変動は認められなかった。さらに、実際場面に最も近く、信頼性の高い値が得られる選抜実験による遺伝率推定の結果、2番草では0.42~0.60の高い値が得られた。

以上の結果から、消化率に対する選抜効果を1番草と2番草と比較すると、2番草の方がより大きな効果が期待できると考えられる。

謝 辞：御校閲をいただいた北海道農試草地開発第二部長 嶋田 饒氏および同牧草第2研究室長 宝示戸貞雄氏に謝意を表します。

引用文献

- 1) BURTON, G. W. and W. G. MONSON (1972) *Crop Sci.* **12**, 375-378.
- 2) CARLSON, I. T., K. H. ASAY, W. F. WEDIN and R. L. VETTER (1969) *Crop Sci.* **9**, 162-164.
- 3) CHRISTIE, B. R. and D. N. MOWAT (1968) *Can. J. Plant Sci.* **48**, 67-73.
- 4) CHRISTIE, B. R. (1977) *Can. J. Plant Sci.* **57**, 57-60.
- 5) COOPER, J. P., J. M. A. TILLEY, W. F. RAYMOND and R. A. TERRY (1962) *Nature* **196**, 1276-1277.
- 6) COULMAN, B. E. and R. P. KNOWLES (1974) *Can. J. Plant Sci.* **54**, 651-657.
- 7) FREY, K. J. and T. HORNER (1957) *Agron. J.* **49**, 59-62.
- 8) HOVIN, A. W., R. E. STUCKNER and G. C. MARTEN (1974) *Proc. 12th Internat. Grassl. Congr.* 793-798.
- 9) 石栗敏機 (1979) 日草誌, **25**, 150-155.
- 10) QUESENBERRY, K. H., D. A. SLEPER and J. A. CORNELL (1978) *Crop Sci.* **18**, 847-850.
- 11) ROSS, J. G. S. S. BULLIS and K. C. LIN (1970) *Crop Sci.* **10**, 672-673.
- 12) 雑賀 優・宝示戸貞雄 (1977) 日草誌, **23**, 177-182.
- 13) 雑賀 優・宝示戸貞雄・荒木 博 (1978) 日草誌 **24**, 89-95.
- 14) 雑賀 優・宝示戸貞雄 (1978 a) 日草誌 **24**, 96-101.
- 15) 雑賀 優・宝示戸貞雄 (1978 b) 日草誌 **24**, 191-196.
- 16) 雑賀 優・宝示戸貞雄 (1978 c) 日草誌 **24**, 197-202.
- 17) 雑賀 優 (1979) 日草誌 **25**, 97-102.
- 18) 鶴飼保雄 (1974) 育種ハンドブック (松尾孝嶺監修) **9**, 養賢堂. 東京. pp 349-381.

(昭和55年4月12日受理)

Estimation of Heritability for the Digestibility in
Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.)

Suguru SAIGA

Summary

Heritability for the digestibility of orchardgrass was estimated under the management of two annual cuttings. From 511 orchardgrass plants derived from Hokkai -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7 and Kitamidori, 5 HDC (high-digestibility clone), 6 MDC (medium-) and 6 LDC (low-) plants were selected based on the digestibility by the one-step cellulase method (SAIGA & HOJRO, J. Japan. Grassl. Sci., 23, 177-182, 1977) for the aftermath in 1975 (Fig. 1 and Table 1).

Four HDC, 5 MDC and 5 LDC parent plants of each group were pollinated in isolated conditions. Digestibility of parent and offspring plants was estimated at the aftermath in 1978 and the first growth and the aftermath in 1979 (Table 2, Fig. 2 and Fig. 3). No differences between MDC group and LDC group were observed both in parents and in offsprings at all cuttings. However, significant differences were obtained between these groups and HDC group in the aftermath of 1978 and 1979. Realized heritabilities (h_{BN}^2) estimated by the comparison of HDC with MDC and LDC were 0.60, 0.57, 0.48 and 0.42.

Another three HDC, MDC and LDC plants were pollinated to 6 MS (male sterile) plants in all combinations. Eighteen F_1 strains obtained from the crossings were used for the estimation of heritability (h_{N^2}) by offspring-parent regression method in two cuttings in 1978 and 1979. As clear differences were observed between the range of digestibility in offsprings and in mid-parents, regressions were calculated after standardizing figures. As the results, high heritabilities $h_{N^2}=0.73$ and 0.78 for the first growth and 0.70 and 0.84 for the aftermath were estimated in 1978 and 1979 respectively (Fig. 4 and Fig. 5).

Heritabilities for the first growth seem to be over-estimated. Because, the author reported the high interactions between year and digestibility of orchardgrass plants in the first growth. Furthermore, some other researchers reported no selection effect for the digestibility of the first growth. However, the interactions between these two factors were low in the aftermath. The results of these experiments suggest that selection effect for digestibility would be higher in the aftermath than in the first growth.

(J. Japan. Grassl. Sci. 26, 354-359, 1981)