

チモシーの反復栄養系による母本の評価*

脇 本 隆**

Evaluations of Replicated Parental Clones of Timothy

Takashi WAKIMOTO

チモシーの草収量の向上を目的とした育種過程の中で母本の一般組合せ能力に関する選抜は重要な位置を占めるが、反復栄養系による母本評価に関して、1. 反復母本栄養系とそれらの放任授粉後代との相互関係から推定される栄養系選抜の効果、2. 反復栄養系の実用形質の年次の推移による形質の評価、3. 反復栄養系試験区の構成とその精度について試験を行い、次のような知見が得られた。1. 反復栄養系とそれらの放任授粉後代との間に草量について有意な相関が得られ(0.336**), 母本栄養系の表現型選抜が潜在的な一般組合せ能力の選抜にある程度の効果が期待できることを示した。2. 栄養系の草量のほかに草丈、茎数および基部面積を組合せた複合形質の場合は後代との相関がやや高くなったが、選抜効率は草量単独の場合と差異がみられなかった。3. 反復栄養系の出穂期、草丈、茎数、斑点病程度および草量のいずれの実用形質においても年次間再現性が比較的高かったが、単一年次の成績にもとづくよりも年次をこみにした評価によってより正確な選抜が可能である。4. 反復栄養系試験区は1区当り1株、1個体からなる構成が合理的であり、系統平均値に対する系統間最小有意差の割合で示した精度の推移から、草量の評価には4~5以上の反復が必要である。

結 言

多年性牧草では集団選抜、母系選抜、循環選抜、交雑育種、合成品種などの育種法がとられているが、漸次雑種強勢利用の合成品種法に重点が移りつつある傾向にある。いずれの場合も多数個体からなる基礎集団から出発して育種目標に応じた選抜を行い、相当数の個体を淘汰する。合成品種法では第1次選抜した個体を分割して、反復栄養系評価による第2次選抜を続ける。このようにして得られた優良個体を多交配法による後代検定によって一般組合せ能力の選抜を行い、優良母本をまとめて合成品種とする。また、後代検定を経ないで直接合成することもある。

表現型選抜によって多数個体からなる基礎集団を後代検定が可能な大きさにまで縮小するのであるが、その選抜精度は育種の成否に大きく影響しよう。表現型選抜に続いて多交配後代検定が行われるが、これによって一般組合せ能力が正しく選抜される保証が十分でないという疑問もあって⁹⁾、反復栄養系選抜は育種操

作の中で重要な過程として位置づけられる。

本報告では反復栄養系とそれらの放任授粉後代(O P 後代)との相互関係から推定される栄養系選抜の効果、反復栄養系の実用形質の年次の推移による形質の評価、更に反復栄養系試験区の構成とその精度について論じる。

調査の実施にあたり北海道立根釧農業試験場作物科の関係者にご協力いただき、計数処理の一部は吉良明子氏に負うところが大きかった。記して感謝の意を表する。

1 母本栄養系とその放任授粉後代との相互関係

母本—後代の相互関係に関する知見が多くの報告にみられる。草量について母本と後代との有意な相関を認めた報告も多いが^{2,3,5,10,13,16,19,20,21,22,23)}、一方世代間の相関が極めて低かった報告も多い^{1,6,8,12,14,25)}。

母本栄養系と後代との有意な相関は母本栄養系の表現型選抜が潜在的な一般組合せ能力の選抜に対してある程度の効果を期待できることを示し、その相関程度が低ければ後代検定が必要であろう。

* 日本草地学会第20および26回発表会および日本育種学会第36および40回講演会で発表

** 北海道立根釧農業試験場(現、北海道立中央農業試験場、夕張郡長沼町)

(1) 試験方法

北海道在来集団の中から開花期の類似した 100 個体を選び、それぞれの個体を分割して 8 反復の多交配ほを設定し、翌年に後代種子を得た。実際には個体間に開花期のずれが観察され、ランダム交配が期待できなかったので OP 後代種子として扱った。これらの種子は栄養系ごとに各区から等量ずつを混合した。OP 後代の種子量が系統によって異なり、最も少なかった系統は条播が不可能であったために、全系統ともあらかじめ紙筒に 1 粒ずつ播種し、約 1 月後に幼苗をほ場に定植した。OP 後代区は 5.2×0.8 m の 1 区、1 畦、25 個体からなり、4 反復乱塊法による試験区を設置した。

反復栄養系試験区の造成に際し、栄養系の定着を確実にを行うために蔬菜移植用の紙筒を利用した。球茎の上下の節から側芽が発生する 6 月中～下旬頃に、個体ごとに一茎ずつに分割し、古い根や葉鞘をとり去り、茎を 5～6 cm の長さに切りつめた。球茎部分が浸る程度に水中に浸漬すると 2～3 日で不定根が発生してくる。均等な大きさのものを選んで培養土 (N 60 g, P₂O₅ 100 g, K₂O 25 g/土壌 25 kg) を詰めた紙筒 (径 3 cm×高 10 cm) に移植し、約 3 週間自然条件下で灌水を十分に行って育成し、側芽が伸長して地上部の生育が均等な個体を選んでほ場に定植した。栄養系試験区は 1.0×0.8 m の方形 1 区に 1 栄養系 2 個体ずつを近接して並べた 10×10 の格子配列の 4 反復乱塊法による試験区を設置した。これらの栄養系および OP 後代試験区は環境相関を避けるために系統ごとに両世代を

並列させずに別々に設置した¹²⁾。

定着後第 2, 第 3 および第 4 年次の 3 年間にわたり、年間 2 回の刈取りを行い、主要形質を調査した。すなわち、栄養系についてはそれぞれの開花期ごとに刈取り、出穂期、開花期、草丈、茎数、基部面積 (刈株の長径×短径) および生草量、さらに 2 番草の生草量を調査した。一方、OP 後代では出穂期の変異が極めて小さかったので全後代を一斉に刈取り、さらに 2 番草も一斉に刈取ってそれぞれ生草量を求めた。

(2) 試験結果および考察

栄養系および OP 後代の草量に関する年次の推移を表 1 に示した。

栄養系の草量は第 3 年次に最大となる山型の傾向を示したが、OP 後代では第 2 年次に最大となり、以後漸減する傾向がみられた。栄養系間の GCV は年次間に大きな変動がみられなかったが、OP 後代の GCV は栄養系のそれよりも小さく、かつ年次とともに減少して第 4 年次では後代間の遺伝的変異は全く認められなくなった。遺伝力についても GCV と同様な傾向が見いだされた。後代間の遺伝的変異が小さく、かつ年次の経過によってそれが認められなくなったことは後代検定の困難性を示す一例である。

両世代とも草量の分散分析の結果では年次と系統との相互作用に有意性が認められなかったので、各年次における系統間の成績はほぼ平行的であったと思われる。従って、遺伝的変異の明らかな単一年次における評価でも良いと思われるが、多年にわたって利用される牧草類の生産性に関する特性値は利用年限にわたる

Table 1. Mean values and genetic parameters for the green forage yields of parental clones and their OP progenies.

Crop		Clone			Progeny		
		$\bar{X}_g$	GCV	h^2	$\bar{X}_{kg}$	GCV	h^2
2 nd yr.	1 st crop	208	10.35	28.18			
	2 nd crop	76	3.49	3.30			
	total	284	10.29	30.89	9.63	7.04	60.05
3 rd yr.	1 st crop	421	6.16	26.34			
	2 nd crop	311	10.00	39.70			
	total	732	8.14	45.98	8.24	3.88	38.71
4 th yr.	1 st crop	269	8.23	36.38			
	2 nd crop	76	9.78	25.82			
	total	345	8.35	42.92	5.23	0.0	0.0
3 yrs	1 st crop	897	3.77	34.91			
	2 nd crop	462	5.37	39.46			
	total	1,360	4.02	39.02	23.09	2.55	50.66

成績で示すことが妥当のように思われる。OP 後代の草量に関する特性値としては3年間の合計草量を用いることにした。表1に示すように、その遺伝力は0.507のごとく比較的高い推定値が得られ、後代系統間のレンジに対する系統間有意差の割合は0.273であり、後代間変異が明らかであった。一方、栄養系の特性値は各年次の刈取回次ごとおよび年間合計草量あるいは年次間合計草量の成績を用いた。

これらの草量特性値による栄養系と OP 後代との世代間相関および選抜効率は表2に示すとおりである。

Table 2. Correlation coefficients between the clones and their progenies compared with advances in the progenies of selected clones, for the green forage yield.

Clone	Clone-progeny correlations	Advances in progeny, % of mean
2 nd yr. 1 st crop	0.146	4.23
2 nd crop	0.212	2.23
total	0.171	4.87
3 rd yr. 1 st crop	0.349**	5.82
2 nd crop	0.251*	7.47
total	0.342**	4.74
4 th yr. 1 st crop	0.162	2.39
2 nd crop	0.099	1.84
total	0.169	2.11
3 yrs 1 st crop	0.222*	2.16
2 nd crop	0.379**	4.69
total	0.531**	3.59
3 rd yr. combined 1 st and 2 nd crop ¹⁾	0.356**	5.43
3 yrs combined 1 st crop of each year	0.336**	5.37

- i) The selection index of the combined character was estimated according to the method of Robinson et al¹⁷⁾
- ii) * and ** significant at the 5 % and 1 % level, respectively (based on 94 degrees of freedom).

世代間相関は栄養系が最大草量を示した第3年次の成績にもとづく場合は他の年次におけるよりも高かったが、3年間合計草量ではさらに高い相関が得られた。第3年次の1番草と2番草のそれぞれの草量を組合せた複合形質による選抜指数¹⁷⁾、および3年間にわ

たる各年次の1番草草量を組合せた複合形質による選抜指数との相関もそれぞれ有意性が認められた。

多収を示した上位栄養系に対応する後代の平均値と全後代の平均値 $\bar{x}$ との差、 ΔG 、すなわち遺伝的進歩の大きさ、 $\Delta G/\bar{x}$ %は相関係数とは必ずしも平行的な関係を示さなかったが、第3年次の1および2番草や上述の複合形質では比較的大きい進歩が得られ、栄養系選抜がある程度有効であることを示した。第3年次における栄養系選抜がもっとも有効であったが、一般的に結論づける根拠に乏しい。

次に栄養系の草量の外に他の形質も加えて評価を行った場合の選抜効率を検討した。第3年次1番草における草丈、茎数および基部面積をとりあげたが、これらの形質は草量との間に極めて高い相関が認められている。これら4形質について、単独形質および2形質、3形質、4形質を組合せた複合形質の選抜指数のそれぞれと後代との相関および選抜効率を求めた。草量単

Table 3. Correlation coefficients between the agronomic characters of the clones and the green forage yields of their progenies compared with advances in the progenies of selected clones.

Characters of clone on the 1 st crop of the 3 rd year	Clone-progeny correlations	Advances in progeny, % of mean
Plant height (P. H.)	0.163	3.08
Number of stems (N. S.)	0.242*	2.21
Basal area (B. A.)	0.279**	2.80
Green yield (G. Y.)	0.349**	5.82
P. H.+N. S. ¹⁾	0.317**	3.55
P. H.+B. A.	0.291**	3.45
P. H.+G. Y.	0.321**	3.95
N. S.+ B. A.	0.299**	4.33
N. S.+G. Y.	0.348**	5.07
B. A.+G. Y.	0.353**	5.59
P. H.+N. S.+B. A.	0.329**	4.61
P. H.+N. S.+G. Y.	0.366**	4.00
N. S.+B. A.+G. Y.	0.362**	4.39
P. H.+N.S.+B. A.+G. Y.	0.342**	3.82

- i) The selection index of the combined character was estimated according to the method of Robinson et al¹⁷⁾
- ii) * and ** significant at the 5 % and 1 % level, respectively (based on 94 degrees of freedom).

独形質よりも草量と他の形質との複合形質の方が相関程度がやや高くなる傾向が見いだされた。しかし、選抜効率についてみると、草量単独形質の場合が複合形質におけるよりも遺伝的進歩の程度が大であり、煩雑な複合形質による評価よりも草量のみによる評価が合理的である。

母本と後代との相関程度は後代の型（二面交配，多交配，トップ交配，OP 後代，自殖世代等）や栽培様式（個体植え，条播，散播）によっても異なり，様々な報告がみられる^{2,3,13,16,20,25)}。

本試験の結果は個体植えの条件下における母本栄養系の表現型選抜が潜在的な一般組合せ能力の選抜に対してある程度の効果を期待することができることを示した。Thomas and Frakes²⁰⁾はトールフェスクについて，栄養系評価によって選抜した系統と同数くらいのすぐれた栄養系の損失があるかもしれないが，明らかにすぐれている優良栄養系を失うことは滅多にないと述べ，Hawk and Wilsie⁵⁾はブロムグラスについて，後代の収量に示された変異の 20～35 % が母本の潜在的収量差に帰されることを示し，後代検定の前に注意深い母本のスクリーニングの必要性を強調した。Timothy et al²¹⁾はブロムグラスで一般組合せ能力と特定組合せ能力を比較して相加的遺伝効果の大きいことを認め，栄養系の成績にもとづいてくり返し選抜の可能性を示唆し，Hill et al⁷⁾もアルファルフア育種の実際的手段として，多交配後代検定の前に表現型によるくり返し選抜の有利性を報告している。

理想的な後代検定は散播条件下における多交配後代による検定であろうが，この条件を整えることは極めて困難であり，近似的な後代検定を行わざるを得ないわけであるが，むしろ後代検定を経ないで直接合成品種の検定に力点を置いた育種操作が実際的であろうと思われる。このような見地に立てば，反復栄養系による選抜は極めて重要な過程として位置づけられる。

2 反復栄養系試験区における変異の年次的推移

反復した栄養系では反復のない個体におけるよりも環境による変異を著しく減少できるので精度の高い評価を期待できるが，栄養体の分割によって得られるものなのでおのずから系内変異¹¹⁾を避けることができない。年次の経過に伴う変異の推移を認識して栄養系評価の方策を得ようとした。

(1) 試験方法

前述に準じて栄養系を養成した。チモシーの 25 栄養系を供試し，10 反復乱塊法試験区を設置した。1 反復は 5×5 の格子型配列の 25 区からなり，1 区面積は

75×75 cm で 1 株，1 個体を配した。定植後第 2，第 3，第 4 および第 5 年次の 4 年間にわたり，年間 2 回の刈取りを行い，草量その他の実用形質を調査した。

(2) 試験結果および考察

各栄養系とも供試個体はできるだけ大きさの均等なものを選んだが，多少の差異は避けることができず，さらに定植位置の環境条件の微細な差異等も加わって，同一栄養系内の個体間でもかなりの変異がみられるようになり，その程度は栄養系によって差異がみられた。

表 4 には第 3 年次の 1 番草における変動の程度を示した。個体間変動は栄養系により，また形質によってその程度を異にした。変異係数にみられるように，出穂期および草丈は栄養系内の個体間に変動が小さく，安定形質といえることができる。茎数，斑点病罹病程度および草量では変動が大きかった。斑点病罹病程度は安定形質のように予期されたが，病斑のあらわれ方が同一個体内の葉身間で異なり，その発現は極めて不揃一であった。

Table 4. Plant to plant variations within clones.

Characters	Range	sd	CV
Heading	June 24- 25 ¹⁾	0.47	1.1
	July 5- 9	1.56	4.2
Plant height (cm)	96-104	2.7	2.7
	73-106	9.4	10.4
Number of stems	134-176	13.5	8.5
	196-354	49.8	19.1
Number of leaf spots ²⁾	1.2-2.3	0.39	22.1
	0.1-1.1	0.32	70.2
Green yield (g)	458-656	58	10.5
	524-1,112	186	27.0

1) Upper; the least variable clone

Bottom; the most variable clone

2) Number/cm² of the leaf spots of the 1st leaf under the flag leaf of 10 random sampled stems per plant.

各形質について，分散分析による要因の変動を百分率で示し，その年次的推移を表 5 に示した。一般に反復間変動の割合は栄養系間および誤差要因のそれよりも極めて小さかったが，草量，草丈および茎数ではやや大きい割合を示した。そしていずれの形質でもその年次的推移はコンスタントかあるいは緩い山型を示した。栄養系間変動の割合はいずれの形質においても

Table 5. Changes with year of variations (%) on the replicated clonal nursery.

Characters and sources of variation	2nd yr.	3rd yr.	4th yr.	5th yr.
Heading				
Block	0.4	0.1	0.5	0.1
Clone	95.5	96.6	95.7	87.8
Error	4.1	3.3	3.8	12.1
Plant height				
Block	10.9	12.0	18.3	15.3
Clone	76.4	65.4	56.2	46.9
Error	12.7	22.6	25.5	37.8
Number of stems				
Block	4.1	8.6	9.5	4.5
Clone	50.6	52.6	63.8	43.7
Error	45.3	38.8	26.7	51.8
Number of leaf spots				
Block	2.4	0.9		
Clone	65.3	59.6		
Error	32.3	39.5		
Green yield of 1st crop				
Block	6.3	21.2	18.9	9.8
Clone	45.8	43.0	49.9	51.5
Error	47.9	35.8	31.2	38.7

最も大きい変動要因であることを示したが、その年次の推移は形質により異った傾向を示した。誤差変動の中には反復×栄養系の相互作用による変動が含まれており、これは栄養系に分割した際の個体の大小による生育量の差異および定植位置における環境および管理条件の微細な差異が蓄積された結果であり、試験区の精度を示す1つの指標と考えられる。誤差変動の大きかった形質は草量、茎数および斑点病程度であり、草丈ではこれらよりも小さく、出穂期では更に小さかった。その年次の推移は中だるみを示す形質が多く、いずれの形質でも第5年次には誤差分散がとみに大となった。

このような誤差変動の下における形質の年次の再現性を年次間の遺伝相関によって推定した。出穂期と草丈はいずれの年次間でも極めて高い遺伝相関が得られ、年次の再現性が大きいことを示した。茎数では第5年次を除く他のいずれの年次間でも高い遺伝相関が得られた。1番草量についても第5年次との組合せでは相関程度がやや低下したが（それでも表現型相関は5%ないし1%水準で有意性を示した）、他の年次間では非常に高い遺伝相関を示した。また、第2年次

から第5年次までの合計草量と各年次の1番草量との遺伝相関は第5年次も含めていずれの年次とも極めて高い遺伝相関を示した。斑点病程度についても第2年次と第3年次との間に有意な相関 ($r_p=0.678^{**}$, $r_g=0.738$) が見いだされた。

このようにいずれの形質においても年次の再現性が高かったことから、栄養系の評価に際し年次はあまり重要な要素ではなく、いずれの年次に評価を行っても良いといえそうであるが、相関係数は群としての属性であって個体ごとの年次の傾向を示すものではない。一般に最良、最劣に属する個体の年次の再現は極めて明らかに示されたが、中間に属する個体のすべてが必ずしも再現性が高いわけではなかった。数年次をこみにした評価によって精度のより向上が可能になると考えられる。

3 反復栄養系試験区の構成とその精度

前述したごとく、栄養系内の個体間には形質により程度は異なるが変動が認められるので、精度向上のために試験区構成上の方策がとられなければならない。反復栄養系試験区の設計には tiller row (1区1列数個体) あるいは tiller plot (散播区近似) のごとき類型

をとる場合が多く、栄養系内の個体数と反復数は研究者によって適宜の規模がとられている。試験区精度の向上とともに試験区規模を縮小し試験調査の効率向上を図ることも必要である。

(1) 試験方法

チモンシ在来集団のうちから16栄養系を供試し、各栄養系を1区、1株ずつ75 cm 間隔の方形に並べ、1株に1, 2および4個体を近接して並べた3栽植処理をそれぞれ10反復ずつ設置した。調査は複数個体からなる区においても1個体区と同様に区単位で形質測定値を求めた。定植後第2年次から第4年次までの3年間にわたり、草量その他の実用形質を調査した。

(2) 試験結果および考察

試験区の構成および年次の経過に伴う形質値および変異係数の推移を図1に示した。

第2年次では株当たり個体数の増加に伴って、出穂期の差はみられなかったが、草丈、茎数および1番草草

量は顕著に増加した。第3年次以降になると、茎数に漸増的傾向がみられたのみで他の形質では栽植処理間に差異が見いだされなくなった。一方、試験区の変異係数は第2年次では株当たり個体数の増加に伴って草丈、茎数および1番草草量では顕著な減少がみられ、試験区精度の向上が著しかった。しかし、第3年次以降ではかかる傾向がみられなくなった。

形質値および誤差変動に及ぼす栽植処理の影響が第2年次にのみ認められたが、形質の栽植間再現性および年次間再現性を推定し、それらの一致性の程度を検討した。

表6に示した栽植間再現性は栽植間相関係数の3年間平均を示したものであるが、第2年次におけるように形質値や変異係数が栽植間で顕著な差異を示したような場合でも極めて高い相関係数が得られた。このことは株当たり個体数の差異によって栄養系の評価に異なる結果が生ずる危険は極めて少ないといえそうである。

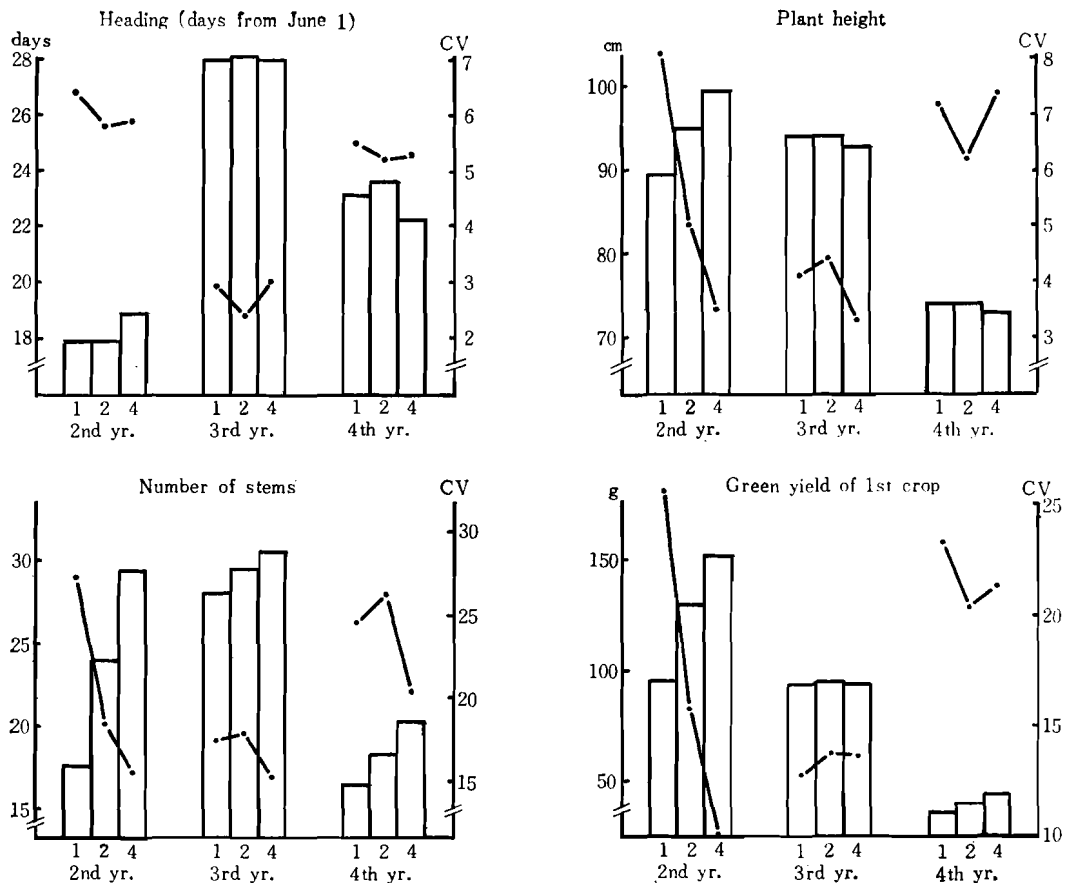


Fig. 1 Changes with plot compositions and with years for the mean values and the coefficients of variation of the clones.

Table 6. Repeatability estimated from the correlation coefficient and the heritability.

Character	Repeatability between plantings ¹⁾			Repeatability among years ²⁾		
	1 plant vs 2 plants	1 plant vs 4 plants	2 plants vs 4 plants	1 plant	2 plants	4 plants
Heading	0.988	0.979	0.984	0.957	0.955	0.949
Plant height	0.949	0.894	0.954	0.805	0.722	0.715
Number of stems	0.935	0.873	0.939	0.921	0.927	0.929
Green yield of 1 st crop	0.951	0.868	0.937	0.749	0.674	0.696

1) Average of the correlation coefficients over 3 years.

2) Heritability estimated from the data combined over 3 years.

また、3年間をこみにして推定した遺伝力によって年次間再現性をみると、栽植処理間に大きな差異は認められなかったが、茎数以外の形質では4個体区よりも1個体区の年次間再現性がやや大きい傾向がみられた。

試験区精度は反復数の増加によって向上する傾向があることは一般的に認められるところがある。精度を栄養系間有意差 $lsd/\bar{x}$ の栄養系平均値 $\bar{x}$ に対する割合 $lsd/\bar{x}$ として求め、1番草の草量について反復数によるその推移を図2に示した。

第2年次では栽植処理による精度の差異が明らかに示され、 $4>2>1$ 個体の関係がみられたが、第3および第4年次では栽植処理間に僅かな差異しか認められなくなった。更に3年間をこみにした場合は $lsd/\bar{x}$ の推移は栽植処理間にほとんど差異がみられなくなり、

かつ注目すべきことは $lsd/\bar{x}$ が非常に小さくなり、すなわち精度が著しく向上した。 $lsd/\bar{x}$ を20%以内にとどめようとすれば、いずれの栽植処理においても4反復以上必要であるが、反復数を増加しても $lsd/\bar{x}$ の減少程度は極めて緩やかであった。

以上のことから株当たり1個体の試験区でも年次をこみにした成績にもとづいて評価を行うならば、数反復程度でも精度の高い結果が得られ、は場面積や省力の面からも合理的であると考えられる。

これまでは1区、1株からなる試験区をとりあげてきたが、その試験区構成の合理性について論じたい。

n 個の株(あるいは個体)からなる多数の栄養系を r 回反復した場合の栄養系平均値の標準誤差は次の方式によって推定される。

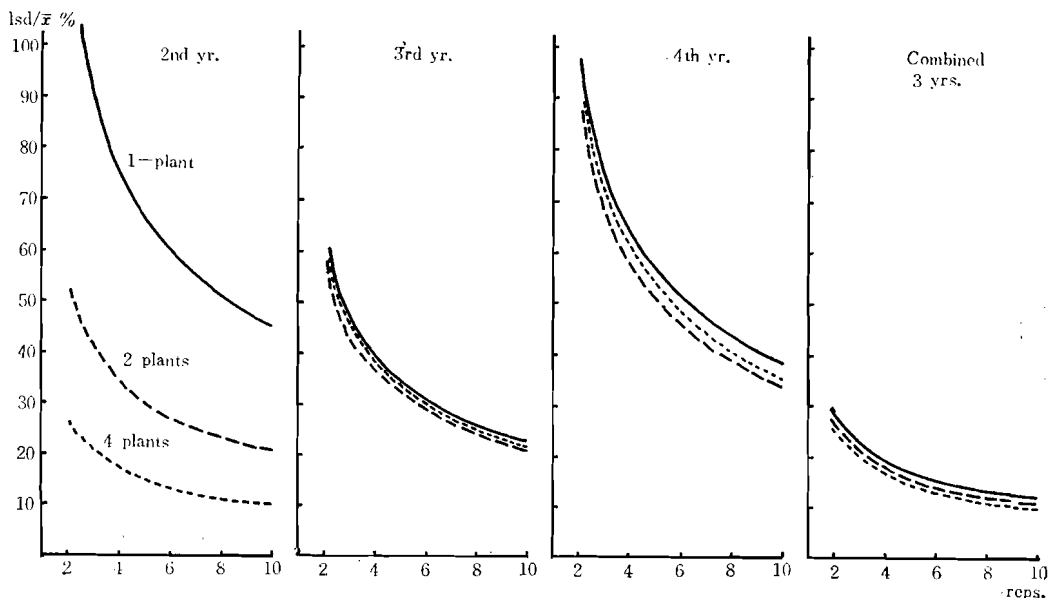


Fig. 2 Changes with the number of replications for precision of experimental plots, $lsd/\bar{x}$, %.

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\sigma_1^2/r + \sigma_2^2/rn}$$

σ_1^2 試験区間誤差分散

σ_2^2 栄養系内誤差分散

n や r が大きい程、平均値の標準誤差は小さくなり勝ちである。 rn 個の個体はできるだけ均等な大きさのものを供試することが必要であるが、多数の均等個体を用意することは容易ではない。また、試験サイズをできるだけ小さくして、すなわち rn をできるだけ小さくして試験効率の向上を図ることも必要である。

いま、 $r=2$ 、 $n=10$ の規模で行ったオーチャードグラス栄養系比較試験²⁴⁾の草量成績を用いて、 $r=4$ 、 $n=5$ ； $r=10$ 、 $n=2$ および $r=20$ 、 $n=1$ のごとく、ダミーの試験区に分割して系統平均値の標準誤差をそれぞれ計算した。その結果は表7のごとくであり、反復数の増加に従って系統平均値の標準誤差は著しい減少を示した。

Table 7. The standard deviations of the mean value, for the green yield, from the pseudo plots changing with the number of replications in a replicated clonal nursery of orchardgrass.

Group	2 reps ($n=10$)	4 reps ($n=5$)	10 reps ($n=2$)	20 reps ($n=1$)
Nemuro	108.2	77.3	47.0	32.4
Sapporo	118.5	82.5	54.9	37.3

反復栄養系試験区の精度を高め、かつ試験効率の向上を図るためには系統内の個体数を増加するよりも反復数を増加した方が目的に適うと考えられる。数反復をもった1区、1株からなる試験区構成は合理的であり、年次反復とともに地域反復も含めるならば母本の幅広い適応性の検定も可能となろう

引用文献

- 1) BUSBICE, T. H., O. J. HUNT, J. H. ELGIN, Jr., and R. N. PEADEN, 1974 : Evaluation of the effectiveness of polycross and self-progeny tests in increasing the yield of alfalfa synthetic varieties, *Crop Sci.* 14 : 8—11.
- 2) DAVIS, R. L., 1955 : An evaluation of S_1 and polycross progeny testing in alfalfa, *Agron. J.* 47 : 573—576.
- 3) DONALD, L. O. and A. A. HANSON, 1955 : Evaluation of combining ability in orchardgrass, *Dactylis glomerata* L., *Agron. J.* 47 :

158—162.

- 4) FRANDSEN, K. J., 1952 : Theoretical aspects of cross breeding systems for forage plants, *Proc. 6th Intern. Grassl. Cong.* 306—313.
- 5) HAWK, V. B. and WILSIE, C. P., 1952 : Parent-progeny yield relationships in brome grass, *Bromus inermis* Leyss., *Agron. J.* 44 : 112—118.
- 6) HEINRICHS, D. H., 1953 : Methods of breeding *Agropyron intermedium*, *Canad. J. Agr. Sci.*, 33 : 470—493.
- 7) HILL, R. R. Jr., M. W. PEDERSEN, L. J. ELLING, R. W. CLEVELAND, J. H. GRAHAM, F. I. FROSHEISER, and J. L. STARLING, 1971 : Comparison of expected genetic advance with selection on the basis of clone and polycross progeny-test performance in alfalfa, *Crop Sci.* 11 : 88—91.
- 8) KNOWLES, R. P., 1950 : Studies of combining ability in brome grass and crested wheat-grass, *Sci. Agr.*, 30 : 275—302.
- 9) LACKAMP, J. W., 1966 : Some remarks on the polycross test method applied in grasses, *Euphytica* 15 : 291—296.
- 10) LESMAN, K. J. and R. R. KALTON, 1964 : Clonal evaluation based on topcross progeny testing in brome grass, *Bromus inermis* Leyss., *Crop Sci.* 4 : 75—78.
- 11) LIBBY, W. J. and E. JUNO, 1962 : Variance associated with cloning, *Heredity* 17 : 533—540.
- 12) McDONALD, E. D., R. R. KALTON and M. G. WEISS, 1952 : Interrelationships and relative variability among S_1 and OP progenies of selected brome grass clones, *Agron. J.* 44 : 20—25.
- 13) MURPHY, R. P., 1952 : Comparison of different types of progeny in evaluating breeding behavior, *Proc. 6th Intern. Grassl. Cong.* 320—326.
- 14) NEWELL, L. C. and S. A. EBERHART, 1960 : Clone and progeny evaluation in the improvement of switchgrass, *Panicum Virgatum* L., *Crop Sci.* 1 : 117—121.
- 15) NIELSEN, E. L. and D. C. SMITH, 1960 : Eva-

- ulation of characters in polycross, inbred, and open pollination progenies of timothy, Agron. J. 52 : 89—93.
- 16) OLDEMEYER, D. L. and A. A. HANSON, 1955 : Evaluation of combining ability in orchardgrass, *Dactylis glomerata* L., Agron. J. 47 : 158—192.
- 17) ROBINSON, H. F., R. E. COMSTOCK, and P. H. HARVEY, 1951 : Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection, Agron. J. 43 : 283—287.
- 18) SCHAAF, H. M., 1968 : Phenotypic selection in crested wheatgrass, Crop Sci. 8 : 643—647.
- 19) THOMAS, H. L. and M. F. KERNKAMP, 1954 : The use of heritability ratios and correlation coefficients for measuring combining ability with smooth brome grass, *Bromus inermis* Leyss., Agron. J. 46 : 553—556.
- 20) THOMAS, J. R. and R. V. FRANKS, 1967 : Clonal and progeny evaluations in two populations of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.), Crop Sci. 7 : 55—58.
- 21) TIMOTHY, D. H., H. L. THOMAS, and M. F. KERNKAMP, 1959 : Combining ability in *Bromus inermis* Leyss, Agron. J. 51 : 252—255.
- 22) TYS DAL, H. M. and B. H. CRANDALL, 1948 : The polycross progeny performance as an index of the combining ability of alfalfa clones, J. Amer. Soc. Agron. 40 : 293—306.
- 23) WAKIMOTO, T., 1965 : Genetic parameters estimated by parent-progeny relationships in domestic varieties of timothy in Hokkaido, Res. Bull. Obihiro Univ. 4 : 276—284.
- 24) 脇本 隆 1974 : 北海道根室地方および札幌地方で収集したオーチャードグラス個体群の栄養系にもとづく特性比較, 日草誌 20 : 54—59.
- 25) WEISS, M. G., L. H. TAYLOR, and I. J. JOHNSON, 1951 : Correlation of breeding behavior with clonal performance of orchardgrass plants, Agron. J. 43 : 594—602.

Evaluations of Replicated Parental Clones of Timothy

Takashi WAKIMOTO*

Summary

Evaluations for the general combining ability of parents are important steps in breeding procedures for the synthetic variety of forage crops.

This investigation for phenotypic evaluations of replicated clones was carried out to select superior parents with a high yield potential for the green forage of timothy.

The results are as follows :

1. Significant correlations between performances of parents in a space planted nursery and that of open pollination progenis in a close planted row nursery for the green forage yield indicated that clonal performances provide an indication of the clonal yield potential as measured by the progeny test.

2. Clonal selections based on the combinations of the green forage yields and other agronomic characters, the plant height, the number of stems and the basal area showed a similar or lower efficiency to selections based on the green forage yield only, judging from advances in the progenies of selected clones.

3. Although the genetic correlations between years for the heading dates, the plant height, the number of stems, the number of leaf spots and the green forage yields of clones were high, evaluations based on the performances of combined years for these characters seemed to give a higher precision than that based on the data of one year only.

4. A replicated clonal nursery would be reasonable to establish plots constructed of one plant, one hill per plot. Such plot pattern should necessitate five or more replications to evaluate with a sufficient precision for the green forage yield.

* Hokkaido Prefectural Konsen Agricultural Experiment Station

(Present, Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan)