

イチゴの果実硬度に関する遺伝率と選抜の効果

森 利樹

三重県科学技術振興センター農業技術センター 515-2316 三重県一志郡嬉野町川北 530

Heritability and Selection Effectiveness for Fruit Firmness in Strawberry

Toshiki Mori

Mie Agricultural Research Center, Ureshino-cho, Mie 515-2316

Summary

Exp. 1. Frequency distributions of strawberry seedlings for firmness and skin toughness of fruit were unimodality, exhibiting a normal distribution curve. These two traits seemed to be polygenitically inherited. A highly significant correlation (0.93-0.98) was found between firmness and skin toughness. The heritability was estimated by: 1) comparing variances between seedlings and those of the parents, 2) computing the parent-offspring regression, and 3) analyzing the variance between the female and male factors. Broad-sense heritabilities for the firmness were 0.67, 0.90, and 0.51; those for the skin toughness were 0.59, 0.73, and 0.28. A highly additive genetic effect was observed but the dominance effect was small according to the analysis of variance between female and male factors; hence, the difference between broad-sense and narrow-sense heritability was small.

Exp. 2. The heritability estimated by the selection response to F_2 from F_1 was 0.43, and approximated values obtained by the comparison between the variance of the seedling population and that of the parents and by the analysis of variance between female and male factors. In conclusion, these two methods were more suitable than that of the parent-offspring regression for predicting heritability by the selection response.

A relatively high heritability was found in the fruit firmness by any statistical method. Therefore, the implementation of clonal selection based on several generations may be more effective than that on the F_1 generation. A superior clonal line could be selected from the progenies after the frequency of firm-fruited seedlings has increased and the selections hybridized in the early stages of breeding.

Key Words: firmness, heritability, inheritance, selection, strawberry.

緒 言

イチゴ果実の市場評価では、食味、外観、大きさなどと並んで日持ち性や輸送性が重要視される。果実硬度は、これら日持ち性や輸送性に強く関与する重要形質である。

イチゴは栄養繁殖性作物であり、通常、雑種第1代の交配実生集団から優良な栄養系を選抜するだけで育種することができる。そのため、果実硬度の遺伝に関する研究も、ほとんどが雑種第1代あるいは自殖第1代を用いて実施されており (Barritt, 1979; 門馬・上村, 1985; Shawら, 1987), 選抜が次世代に及ぼす効果について明らかにされていない。

しかし、近年、交配親の劣悪形質を除去するために自殖を行い、選抜した自殖系を母本として利用する育種法 (成川ら, 1981; 森下, 1994)や、交配と選抜を繰り返すことによって有用遺伝子を蓄積しようとする試みが広まり

つつある (森, 1998)。このような世代を重ねる育種法においては、選抜反応の分析が直接的に有益な研究となる。

そこで、本研究では、総当たり交配の実生とその親を用いて果実硬度の遺伝率を三つの方法で推定した上で、 F_1 から F_2 へ果実硬度の高い方向への選抜実験を行った。

材料および方法

試験 1. 総当たり交配による実生集団を用いた遺伝率の推定

三重県農業技術センターで育成中の 1995 年度三次選抜 16 系統の中から任意に選んだ 4 系統 (系統番号: 9310710, 9312702, 9316901 および 9319101) を交配親とし (第 1 表), それらの間の総当たり交配 16 組合せの実生集団を供試した。以下では、阿部ら (1993) にならい、各交配組合せの実生集団を家系という。

交配して得られた種子を 1996 年 4 月 12 日に播種し、各家系 20 株の実生を 6 月 7 日に容量 360 ml の黒色ポリエチレンポットに鉢上げした。7 月 19 日に交配親系統のラン

1999 年 3 月 10 日 受付. 1999 年 8 月 18 日 受理.

Table 1. Parental lines of strawberry used and their fruit firmness and skin toughness (Exp. 1).

Parental lines	Pedigree ²	n	Fruit firmness (g)	Skin toughness (g)
			Mean ± SD	Mean ± SD
9310710	{Nyo × (To × Ai)} × (Ai × Ho)S	8	143.8 ± 18.7	89.9 ± 13.5
9312702	{NyoS × (Nyo × Ho)} × (Ai × Ho)S	8	94.7 ± 4.0	62.2 ± 2.8
9316901	{(Ai × To)S × (Ho × Nyo)S} × (Ai × Ho)S	8	128.7 ± 18.6	78.8 ± 16.1
9319101	{(Ho × To)S × (Ho × Nyo)S} × (Ai × Ho)S	8	106.1 ± 9.5	60.8 ± 9.2

² Nyo: 'Nyoho', To: 'Toyonoka', Ai: 'Aiberry', Ho: 'Hokowase', S: Self

ナー苗を各8株ずつ上記と同種のポットに鉢上げし、以後、実生苗と交配親ランナー苗は同一条件で育成した。これらを9月18日に定植し、慣行の促成栽培法(赤木・伏原, 1989)に準じて栽培した。

収穫開始(11月26日)から2月12日までに収穫した新鮮重5g以上の全果実について、果実硬度および果皮硬度を測定した。

なお、一連の試験において、果実硬度および果皮硬度は、物性測定器(フドー製レオメーター NRM-2010J-CW)により直径3mmの円柱形プランジャーを用いて、貫入速度60 mm・min⁻¹で測定した。果実硬度は、果皮を貫通する際に現れる第一のピークとした。門馬ら(1977)の方法に準じて、第一のピークの後に現れる第一のボトムの値を果肉硬度とみなし、果皮硬度は果実硬度から果肉硬度を減じた値として求めた。また、分散分析には1-2-3アドイン統計 for Windowsを使用した。

調査果数が4個に満たない株については除外し、各家系平均17.8株と各交配親8株から得られた測定値を用いた。全実生苗の頻度分布と各家系別にみた実生苗の頻度分布について、それぞれ正規性の検定を行った上で、以下の三つの方法によって、果実硬度および果皮硬度の遺伝率を推定した。

1) 実生集団と両親との分散の比較による推定

イチゴはヘテロ性が高い栄養繁殖性作物であるため、ランナー苗の増殖によって得られた親世代の分散は環境変異だけからなり、実生世代の分散には遺伝変異と環境変異の両方が含まれる。そこで、森下(1994)が示した次式によって、各家系における広義の遺伝率($H^2(1)$)を求めた。

$$H^2(1) = \frac{V_{F1} - (V_{P1} + V_{P2})/2}{V_{F1}} \quad [1]$$

ただし、 V_{F1} は実生苗の表現型分散、 V_{P1} と V_{P2} は親個体の表現型分散を示す。

2) 親子回帰による推定

供試集団を任意交配集団と仮定して、各家系の平均値とそれぞれの中親との間の親子回帰から広義の遺伝率($H^2(2)$)を推定した。Falconer(1996)によると、任意交配集団では子の親への回帰直線の傾き(回帰係数)がそのまま遺伝率の推定値となる。

3) 母親因子と父親因子の分散分析による推定

総当たり交配を母親因子と父親因子からなる2因子要因実験とみなして分散分析を行った。イチゴはヘテロ性が高い栄養繁殖性作物であるためダイアレル分析は行わず、Shawら(1987)およびHallauer・Miranda(1981)の方法に準じて、分散分析の結果(第3表)から次式によって、表現型分散の母親間成分(σ_f^2)、父親間成分(σ_m^2)、交互作用成分(σ_{fm}^2)および子ども内分散成分(σ_w^2)を求めた。

$$\sigma_f^2 = (MS_1 - MS_3)/r$$

$$\sigma_m^2 = (MS_2 - MS_3)/f$$

$$\sigma_{fm}^2 = (MS_3 - MS_4)/r$$

$$\sigma_w^2 = MS_4$$

ただし、 MS_1 , MS_2 , MS_3 および MS_4 は、それぞれ分散分析から得られた母親間、父親間、交互作用および残差の平均平方を、 r , f および m は、それぞれ反復数、母親数および父親数を示す。

さらにこれらから、次式によって相加的遺伝分散(σ_A^2)、優性分散(σ_D^2)、狭義の遺伝率($h^2(3)$)および広義の遺伝率($H^2(3)$)を計算した。

$$\sigma_A^2 = 2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2) \quad [2]$$

$$\sigma_D^2 = 4(\sigma_{fm}^2) \quad [3]$$

$$h^2(3) = \frac{2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2)}{\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2} \quad [4]$$

$$H^2(3) = \frac{2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2) + 4(\sigma_{fm}^2)}{\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2} \quad [5]$$

試験 2. 選抜反応

試験1に準じた管理条件で、1994年に、'女峰' × '宝交早生'の交配実生39株の中から、果実硬度の高い8株(20.5%)を選抜した。各選抜株から2花ずつの葯を採取して混合花粉を作成し、各選抜株を種子親として8組の交配を行った。

得られた種子を1997年3月22日に交配別に約100粒ずつ播種し、気温20℃の人工気象室内で生育させた。交配組み合わせ別に実生各9株をランダムに選んで計72株をF₂集団として、4月25日に直径10.5 cmの銀色ポリエチレンポットに鉢上げした。以後はガラス温室内で栽培した。

対照には、交配親として用いた'女峰'と'宝交早生'各

7株,ならびに, F_1 集団として‘女峰’×‘宝交早生’の実生苗50株を供試した.

すべての供試株はランナー苗を採る親として扱い,各株から3株ずつのランナー苗を容量360 mlの黒色ポリエチレンポットに受けて育苗した.7月11日にランナーを切除し,成苗まで生育させた後,9月17日に定植した.供試株別に各3株の定植株から頂果房第1番果から3番果までを収穫し合計各9果の果実硬度を測定した.各供試株の平均値を求めて,次式によって遺伝率($h^2(4)$)を計算した.

$$h^2(4) = \frac{\Delta G}{i} = \frac{m_1 - m_0}{m_s - m_0} \quad [6]$$

ただし,選抜差を i , 遺伝獲得量を ΔG , F_1 集団の平均値を m_0 , 選抜集団に相当する F_1 の上位20%の平均値を m_s , 選抜集団から育成した F_2 の平均値を m_1 とし,すべて1997年度のデータから計算した.

結果および考察

1. 実生集団における果実硬度と果皮硬度の頻度分布

試験1で得られた果実硬度と果皮硬度の測定値について,全実生苗の頻度分布を第1図に示した.両形質とも,ほぼ単峰型の分布となり,既往の報告と一致した(Shawら,1987; 門馬・上村,1985).また,家系ごとに頻度分布の正規性に関する検定を行ったところ,1家系の果実硬度を除いて,他は全て正規性が認められた(第2表).

阿部ら(1993)は,ニホンナシの果実熟期に関する家系内分布が単峰型の分布を示すことから,この形質の遺伝はポリジーンに支配されているとしている.イチゴの果実硬度と果皮硬度においても,交配実生の分布は単峰型を示したことから,これらの形質の遺伝はポリジーンに支配されており,本実験に供した交配親系統中に主働遺伝子は関与していないものと推定できる.

2. 果実硬度と果皮硬度との相関関係

門馬・上村(1985)は,果皮硬度と果肉硬度の相関が低かったことから,これらはほぼ独立に遺伝すると考察している.果皮硬度には,果皮組織の厚さや果実成熟に伴う組織の軟化などの要因が関与していると考えられるが,果皮組織の厚さなど果肉硬度に直接影響しない要因が強く作用する条件では,門馬・上村(1985)の結果のように果皮硬度と果肉硬度の相関が低くなるものと推察される.しかし,組織の軟化に関しては,果皮・果肉ともに成熟にともなって進行することが明らかになっている(門馬ら,1977).

果皮硬度は,日持ち性に強く関与しているため育種上重要な形質であるが,単に果実硬度を測定するよりも測定作業が煩雑になる.育種目標を果皮硬度の改良とする場合であっても,選抜初期から多数の個体の果皮硬度を測定するのは困難である.そこで,果皮硬度の選抜の目安として果実硬度を利用できるか否かを明らかにする目的で,果実硬度と果皮硬度との間の相関関係を調べた.その結果,いずれの家系においても,両形質間の相関係数は0.93以上の非常に高い値となり,1%水準で有意であった(第2表).このことは,実際の育種作業において,果実硬度を目安にして果皮の硬い個体が選抜できることを示している.

3. 実生集団と両親との分散の比較によって推定された遺伝率

各家系における果実硬度と果皮硬度のそれぞれの平均値と標準偏差を第2表に示した.これらの分散と第1表に示した各交配親の分散を比較して,[1]式によって各家系別に広義の遺伝率($H^2(1)$)を求めたところ,果実硬度では0.39から0.95で平均0.67,果皮硬度では0.04から0.95で平均0.59であった(第2表).

4. 親子回帰によって推定された遺伝率

果実硬度および果皮硬度における家系の平均と中間親との相関を第2図に示した.果実硬度では相関係数が

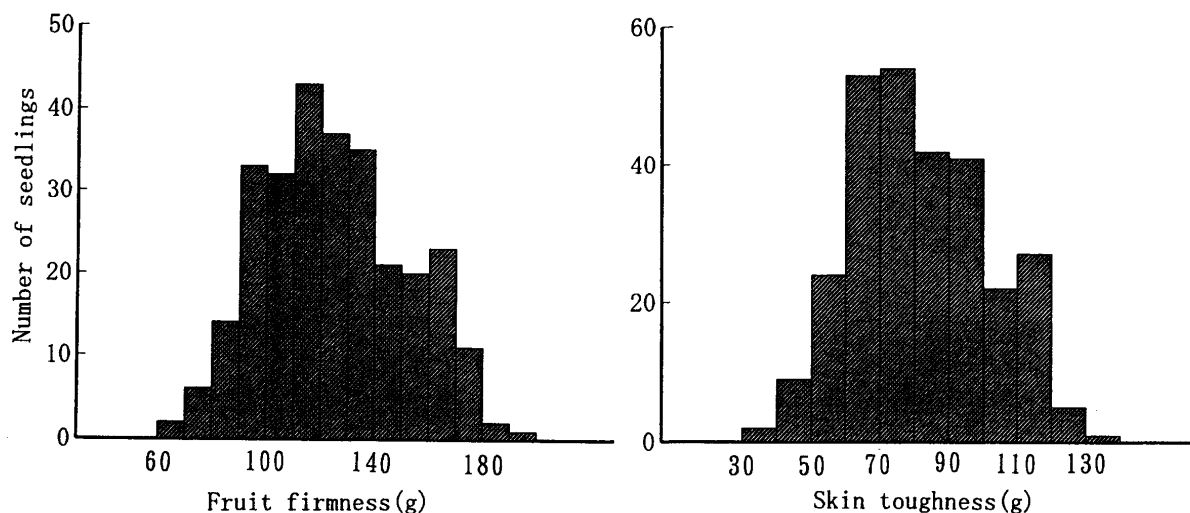


Fig. 1. Seedling frequency distributions of fruit firmness(left) and skin toughness(right) in strawberry (Exp.1).

0.90, 回帰係数が 0.90, また, 果皮硬度では相関係数が 0.80, 回帰係数が 0.73 と, いずれも 1 に近い値となった.

任意交配集団では, 回帰直線の傾き, すなわち回帰係数

がそのまま広義の遺伝率の推定値となり (Falconer, 1996), これに従って遺伝率を推定した多くの研究がある (阿部ら, 1993; 森下, 1994; 荻原ら, 1998). この方法に

Table 2. Mean value, normality of distribution and broad-sense heritabilities for fruit firmness and skin toughness in each family (Exp. 1).

Family	n	Fruit firmness			Skin toughness			r between firmness and skin toughness
		Mean $\pm$ SD (g)	Normality	H ² (1) ^y	Mean $\pm$ SD(g)	Normality	H ² (1)	
9310710 $\times$ 9310710	17	148.0 $\pm$ 24.1	Y ^z	0.40	87.9 $\pm$ 14.7	Y	0.16	0.93** ^x
9310710 $\times$ 9312702	19	117.7 $\pm$ 25.6	Y	0.72	77.1 $\pm$ 19.5	Y	0.75	0.96**
9310710 $\times$ 9316901	18	122.0 $\pm$ 25.9	Y	0.48	73.9 $\pm$ 20.5	Y	0.47	0.95**
9310710 $\times$ 9319101	18	130.0 $\pm$ 28.4	Y	0.73	80.0 $\pm$ 20.0	Y	0.67	0.93**
9312702 $\times$ 9310710	20	107.7 $\pm$ 24.3	Y	0.69	68.9 $\pm$ 17.9	Y	0.71	0.95**
9312702 $\times$ 9312702	20	96.4 $\pm$ 17.0	Y	0.95	61.4 $\pm$ 12.4	Y	0.95	0.96**
9312702 $\times$ 9316901	20	114.2 $\pm$ 22.3	Y	0.63	74.2 $\pm$ 15.7	Y	0.46	0.98**
9312702 $\times$ 9319101	20	102.0 $\pm$ 21.7	N	0.89	66.4 $\pm$ 16.6	Y	0.83	0.95**
9316901 $\times$ 9310710	16	131.9 $\pm$ 23.9	Y	0.39	84.5 $\pm$ 18.2	Y	0.34	0.93**
9316901 $\times$ 9312702	20	111.4 $\pm$ 23.7	Y	0.68	70.8 $\pm$ 21.6	Y	0.71	0.96**
9316901 $\times$ 9316901	15	126.8 $\pm$ 29.7	Y	0.61	69.3 $\pm$ 16.4	Y	0.04	0.93**
9316901 $\times$ 9319101	15	125.6 $\pm$ 19.8	Y	0.44	78.6 $\pm$ 16.4	Y	0.36	0.96**
9319101 $\times$ 9310710	19	116.3 $\pm$ 25.4	Y	0.66	70.4 $\pm$ 19.2	Y	0.64	0.95**
9319101 $\times$ 9312702	19	101.5 $\pm$ 22.6	Y	0.90	65.4 $\pm$ 16.6	Y	0.83	0.96**
9319101 $\times$ 9316901	15	114.7 $\pm$ 28.3	Y	0.73	68.6 $\pm$ 25.9	Y	0.74	0.95**
9319101 $\times$ 9319101	14	97.1 $\pm$ 24.9	Y	0.86	57.3 $\pm$ 19.4	Y	0.77	0.97**
Mean	17.8	116.5 $\pm$ 27.7		0.67	72.2 $\pm$ 19.9		0.59	0.95

^z Fitted (Y) and unfitted (N) to normal distribution (P<0.05).

^y $H^2(1) = \frac{V_{F1} - (V_{P1} + V_{P2})/2}{V_{F1}}$ V_{P1}, V_{P2} : Variance of parent. V_{F1} : Variance of F_1 or S_1 .

^x Significant at 1% level.

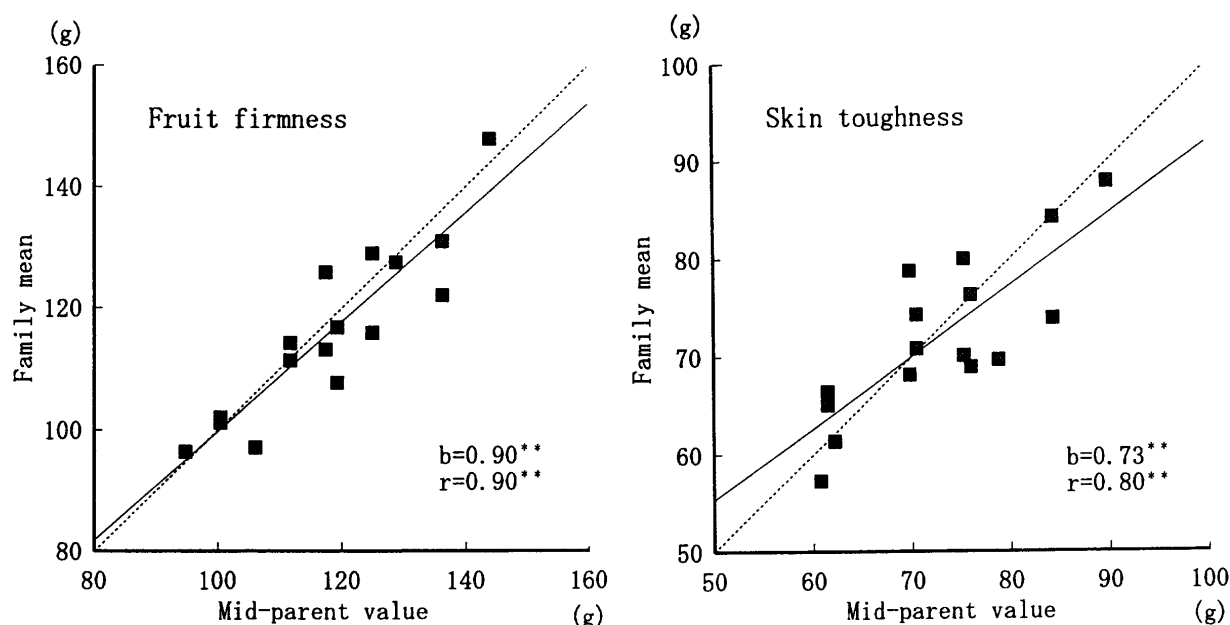


Fig. 2. Relationship between mid-parental values and the values of family mean in fruit firmness and skin toughness (Exp.1).

b: Mid-parent-offspring regression coefficient.

r: Mid-parent-offspring correlation coefficient.

** : Significant at 1% level.

Table 3. Analysis of variance for fruit firmness and skin toughness (Exp. 1).

Source	Fruit firmness		Skin toughness		Composition of mean square ^z
	df	Mean square	df	Mean square	
Females	3	9854.4** ^y	3	2907.7**	$\sigma_w^2 + r\sigma_{fm}^2 + rm\sigma_f^2$
Males	3	4489.1**	3	958.9*	$\sigma_w^2 + r\sigma_{fm}^2 + rf\sigma_m^2$
Females x Males	9	911.9	9	508.2	$\sigma_w^2 + r\sigma_{fm}^2$
Within-family	269	624.0	269	357.7	σ_w^2

^z σ_f^2 , σ_m^2 , σ_{fm}^2 and σ_w^2 : Variance components due to the effects of female parent, male parent, female x male interaction and within cross residual, respectively. r, f and m refer to the number of replications, females and males, respectively.

^y *, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

よると、果実硬度および果皮硬度の広義の遺伝率 ($H^2(2)$) は、それぞれ 0.90 および 0.73 と推定された。

5. 母親因子と父親因子の分散分析によって推定された遺伝率

総当たり交配を母親因子と父親因子による 2 因子要因実験とみなし、その分散分析結果を第 3 表に示した。果実硬度および果皮硬度のいずれにおいても、母親間と父親間にそれぞれ有意差がみられたが、交互作用は有意でなかった。これは、相加的遺伝効果が存在するが、優性効果は小さいことを示しており、Shaw ら (1987) の結果と一致する。

子ども内の平均平方 (MS_4) の期待値は、子ども内分散成分 (σ_w^2) と一致する。しかし、他の平均平方は、それぞれ母親、父親および交互作用の効果による分散成分とは一致しない (Falconer, 1996)。そこで、Shaw ら (1987) と Hallauer・Miranda (1981) の方法に準じて、表現型分散の

母親間成分 (σ_f^2)、父親間成分 (σ_m^2) および交互作用成分 (σ_{fm}^2) を求めた。さらに、これらから [2]~[5] 式によって、

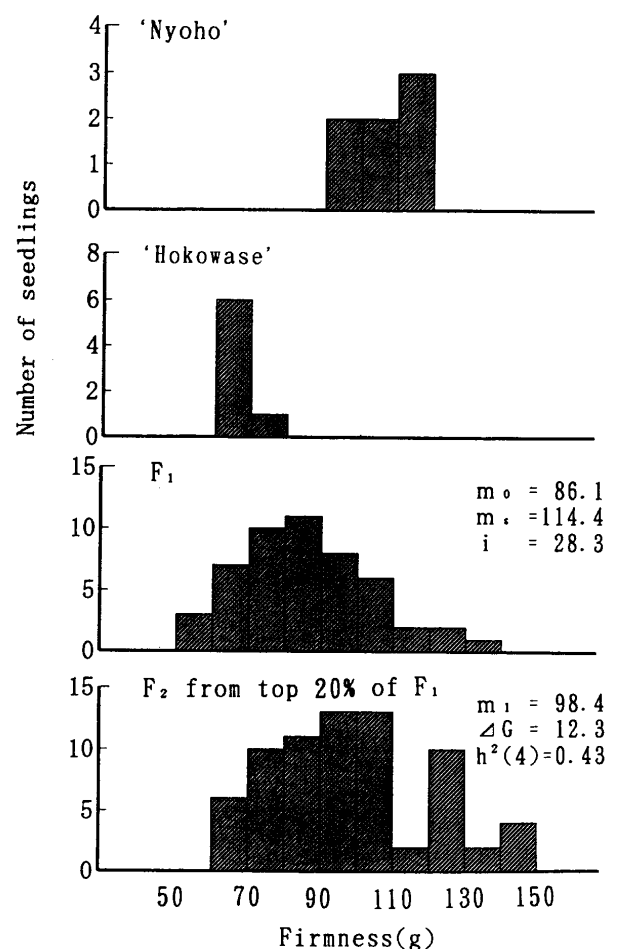


Fig. 3. Frequency distributions of fruit firmness for parents, F₁ plants and F₂ progenies from 20% of F₁ plants ranked to the top (Exp.2).

m_0 : Mean of F₁ plants.

m_s : Mean of 20% of F₁ plants ranked to the top in the fruit firmness.

m_1 : Mean of F₂ progenies from 20% of F₁ plants ranked to the top in the fruit firmness.

i: Selection differential.

ΔG : Genetic gain.

$$h^2(4) = \frac{\Delta G}{i} = \frac{m_1 - m_0}{m_s - m_0}$$

Table 4. Estimated components of variance and narrow-sense and broad-sense heritabilities for fruit firmness and skin toughness (Exp. 1).

Parameters ^z	Estimate	
	Fruit firmness	Skin toughness
σ_f^2	125.6	34.4
σ_m^2	50.2	6.5
σ_{fm}^2	16.2	8.6
σ_w^2	624.0	357.7
σ_A^2	351.7	81.7
σ_D^2	64.7	34.5
$h^2(3)$	0.43	0.20
$H^2(3)$	0.51	0.28

^z σ_f^2 , σ_m^2 , σ_{fm}^2 and σ_w^2 : See Table 3.

$\sigma_A^2 = 2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2)$: Additive genetic variance.

$\sigma_D^2 = 4(\sigma_{fm}^2)$: Dominance genetic variance.

$h^2(3) = \frac{2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2)}{\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2}$: Narrow-sense heritability.

$H^2(3) = \frac{2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2) + 4(\sigma_{fm}^2)}{\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2}$: Broad-sense heritability.

相加的遺伝分散 (σ_A^2), 優性分散 (σ_D^2), 狭義の遺伝率 ($h^2(3)$) および広義の遺伝率 ($H^2(3)$) を計算して第4表に示した.

果実硬度および果皮硬度ともに, 相加的遺伝分散に比べて優性分散は小さかった. そのため, 狭義の遺伝率と広義の遺伝率の差は小さく, 果実硬度では狭義の遺伝率 ($h^2(3)$) が 0.43, 広義の遺伝率 ($H^2(3)$) が 0.51, 果皮硬度では狭義の遺伝率 ($h^2(3)$) が 0.20, 広義の遺伝率 ($H^2(3)$) が 0.28 と推定された.

6. 選抜反応によって推定された遺伝率

‘女峰’ x ‘宝交早生’ の交配実生を用いて, 果実硬度が高い方向へ選抜した選抜実験 (試験2) の結果を, 第3図に示した.

F_1 の果実硬度の平均値は 86.1 g, 上位 20% (10株) の果実硬度の平均値は 114.4 g で, 両者の差にあたる選抜差は 28.3 g であった. 硬い方向に選抜した F_2 の果実硬度の平均値は 98.4 g であったことから, 遺伝獲得量は 12.3 g であった. これらから, [6] 式によって推定した遺伝率 ($h^2(4)$) は 0.43 であった.

7. 遺伝率推定方法の比較

遺伝率の算出にはいくつかの方法があり, 果実硬度についても多くの報告がみられる. 第一の, 実生集団と両親との分散の比較による方法では, 門馬・上村 (1985) が果皮硬度の広義の遺伝率を 0.46 から 0.95 としている. 第二の, 親子回帰による方法では, Hansche ら (1968) が 0.46, Barritt (1979) が 0.49 から 0.67 とし, 第三の, 母親因子と父親因子の分散分析による方法では, Shaw ら (1987) が広義・狭義とも遺伝率が 0.38 であったとしている.

本試験ではこれら三つの方法に加えて選抜反応による遺伝率の推定を試み, あわせて四つの方法で得られた遺伝率を第5表にまとめた. いずれの方法においても, 果皮硬

度の遺伝率は果実硬度のそれに比べて小さくなった. これは, 果皮硬度が果実硬度と果肉硬度との差から算出されるため, 単に果実硬度を測定するよりも測定誤差が増大するためと考えられる.

親子回帰による遺伝率は, 他の算出方法によるものよりもかなり高い値となった (第5表). これは, 他の方法で推定された遺伝率が個体の測定値に基づくのに対して, 親子回帰による遺伝率は家系の平均から算出されるためであると推測できる (鶴飼, 1974). 親子回帰を除く他の二つの方法, すなわち, 実生集団と両親との分散の比較による方法および母親因子と父親因子の分散分析による方法では, 選抜反応から得られた遺伝率に近い値となった (第5表). このことから, 選抜反応による遺伝率を予測するためには, 親子回帰による方法よりも, これら二つの方法が適しているものと考えられる.

8. 育種方法について

前述のとおり, イチゴは, 交配実生苗の中から優良株を栄養系として選抜するだけで育種できる. しかし, この方法では, 目的形質を併せ持つ優良株が出現するかどうかは偶然性に大きく左右される. これまで, イチゴでは優れた品種が次々に育成されてきた. しかし, 高度に改良された既存品種よりも, さらに優れた新しい系統の出現は, より低い確率でしか期待できない.

著者 (1998) は, イチゴ育種の初期に選抜とその選抜株同士の交配を数世代繰り返し, 目的形質の出現頻度を高めた上で, 優良株を栄養系選抜する育種法を試みている. イチゴの果実硬度に関しては, 遺伝率がかなり高く, この方法が有効であると考えられる.

摘 要

果実硬度および果皮硬度に関するイチゴの交配実生の

Table 5. Heritability estimates obtained from four ways.

Character	Exp. 1				Exp. 2
	Variance component of P and F_1 (S_1)	Parent-offspring regression	Analysis of variance in F_1 (S_1) between females and males		Selection response
	$H^2(1)^z$	$H^2(2)^y$	$h^2(3)^x$	$H^2(3)^w$	$h^2(4)^v$
Fruit firmness	0.67	0.90	0.43	0.51	0.43
Skin toughness	0.59	0.73	0.20	0.28	—

^z Mean of all families $H^2(1) = \frac{V_{F1} - (V_{P1} + V_{P2})/2}{V_{F1}}$: From Table 2.

^y $H^2(2)$ = Mid-parent-offspring regression coefficient from Fig. 2.

^x $h^2(3) = \frac{2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2)}{\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2}$: Narrow-sense heritability from Table 4.

^w $H^2(3) = \frac{2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2) + 4(\sigma_{fm}^2)}{\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2}$: Broad-sense heritability from Table 4.

^v $h^2(4) = \frac{\Delta G}{i} = \frac{m_1 - m_0}{m_s - m_0}$: From Fig. 3.

分布は、正規分布に近似した単峰型を示し、これらの遺伝がポリジーンに支配されているものと考えられた。果実硬度と果皮硬度との間には相関係数 0.93 以上の非常に高い相関がみられた。F₁ 世代で三つの方法、すなわち、実生集団と両親との分散の比較による方法、親子回帰による方法および母親因子と父親因子の分散分析による方法によって広義の遺伝率を推定した。果実硬度では、それぞれ、0.67, 0.90 および 0.51, 果皮硬度では、それぞれ、0.59, 0.73 および 0.28 であった。いずれの方法でも、果皮硬度の遺伝率は果実硬度に比べて低くなった。また、母親因子と父親因子の分散分析の結果、高い相加的遺伝効果が認められ、優性効果は小さく、そのため、広義の遺伝率(果実硬度 0.51, 果皮硬度 0.28)と狭義の遺伝率(果実硬度 0.43, 果皮硬度 0.20)の差は小さかった。さらに、果実硬度について F₁ から F₂ への選抜実験を行ったところ、選抜反応によって推定された遺伝率は 0.43 であった。これらの結果から、選抜反応による遺伝率を予測するためには、親子回帰による遺伝率の推定方法よりも、実生集団とそれぞれの両親との分散を比較する推定方法および総当たり交配を母親因子と父親因子の 2 因子要因実験とみなした分散分析による推定方法が適していると考えられた。いずれの推定方法でも果実硬度の遺伝率は比較的高いことから、単に F₁ 世代で栄養系選抜を実施するよりも、選抜と交配を数回行い、目的形質の出現頻度が高まった後代から栄養系選抜する育種法が有効であると考えられた。

謝 辞 本論文の作成にあたり、神戸大学農学部植物育種学研究室教授上島脩志氏および元三重大学生物資源学部教授池田勝彦氏にご指導いただいた。ここに深く感謝の意を表します。

引用文献

- 阿部和幸・佐藤義彦・齋藤寿広・栗原昭夫・壽 和夫. 1993. ニホンナシ果実の熟期の遺伝. 育種. 43: 289-298.
- 赤木 博・伏原 肇. 1989. 女峰・とよのかをつくりこなす. p.70-92. 農文協. 東京.
- Barritt, B. H. 1979. Breeding strawberries for fruit firmness. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 663-665.
- Falconer, D. S. 1996. Introduction to quantitative genetics (4th ed.). p.160-183. Longman, London.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. p.64-72. Iowa State Univ. Press, U.S.A.
- Hansche, P. E., R. S. Bringham and V. Voth. 1968. Estimates of genetic and environmental parameters in the strawberry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 338-345.
- 門馬信二・上村昭二. 1985. イチゴ果実における果皮及び果肉の硬さの遺伝. 野菜試報 B. 5: 49-59.
- 門馬信二・上村昭二・吉川宏昭. 1977. イチゴ果実の硬さ測定法と品種間差異. 野菜試報 B. 1: 1-11.
- 森 利樹. 1998. 三重県農業技術センターにおける野菜育種の現状と問題点及び将来方向. 園芸学会東海支部シンポジウム資料. 44: 33-35.
- 森下昌三. 1994. イチゴの品質・収量に関する育種学的研究. 野菜試報 A. 8: 1-53.
- 成川 昇・石橋光治・荻原佐太郎・土岐和久. 1981. イチゴ新品種「麗紅」の育成経過と特性. 千葉農試研報. 22: 45-55.
- 荻原 勲・大塚裕一・滝沢利恵・箱田直紀・志村 勲. 1998. 親子回帰によるイチゴ果実内の糖の遺伝力. 園学雑. 67 (別 2): 322.
- Shaw, D. V., R. S. Bringham and V. Voth. 1987. Genetic variation for quality traits in an advanced-cycle breeding population of strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 699-702.
- 鵜飼保雄. 1974. 遺伝母数の推定. p.349-381. 松尾孝嶺監修. 育種ハンドブック. 養賢堂. 東京.