

イチゴにおけるヘタ離れ性の遺伝率

高橋 徹, 森 大蔵, 奥 正和, 後藤 隆子

Heritability of Capping Trait in Strawberry

Toru Takahashi, Daizo Mori,
Masakazu Oku and Takako Goto

Heritability of capping trait in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), and effect of 'Benihibari' as genetic source on progeny's capping trait, were evaluated. Diallel crosses were made among 3 varieties including 'Benihibari', and rate of capped fruits and other fruit characteristics were determined in F₁ seedlings of 9 crosses.

Mean values of rate of capped fruits in F₁ seedlings were close to mid-parent value. Rate of capped fruits had negative correlation with fruit weight and anthocyanin content.

Heritability for rate of capped fruits was estimated from (1) comparing variance between F₁ seedlings and parents, (2) regression between mid-parent and offspring, and (3) analysis of variance (ANOVA) between female and male factors. Estimated broad-sense heritabilities were (1) 0.64, (2) 0.90, and (3) 1.15 respectively. In all estimated result, heritabilities were high, so capping trait seemed to be controlled mainly by genetic effect. Moreover from result of ANOVA, it was suggested that rate of capped fruits was contributed by not only additive genetic effect but also dominance genetic effect.

Frequency distributions of rate of capped fruits in F₁ exceeded from parent varieties, especially it tended to expand to higher rate in the crosses when 'Benihibari' was used as parent. 'Benihibari' was expected to be a excellent genetic source in capping trait.

Key words : strawberry, heritability, capping, additive genetic effect, dominance genetic effect, genetic source.

当所が加工原料用イチゴ品種として育成した'ベニヒバリ'は果実の色調,加工特性が優れ,さらにヘタ離れ性が高く収穫における作業性も優れている等の特性を持っている¹⁾。しかし,果実がやや小さい,さらに'アメリカ'や'マーシャル'等の加工用品種と比較して株当たりの収量が少ないという問題点もある。そこで優れた果実特性やヘタ離れ性を持った上で,果実の大きさや数といった収量構成要素の向上を目標に引き続き育種を行っている。

育種を効率的に行うためには,目的形質の遺伝様式や親品種の選定が後代に及ぼす影響などを明らかにしておく事が必要である。栽培種のイチゴ(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)は8倍体(2n=8x=56)であり,その遺伝様式は複雑である。イチゴの形質の遺伝様式に関しては,収量,糖や酸といった呈味成分,硬さ,色などの果実品質,ならびに耐病性等については多くの研究がなされている。しかしながらヘタ離れ性に関しては,日本では生食用品種の育種が中心であり,その中ではほとんど検討されていない²⁾³⁾。海外では露地栽培,加工用品種の栽培が多く,

また機械収穫についても検討されてきた経緯もあり、ヘタ離れについても研究された例がある⁴⁾⁻⁷⁾が、それほど多くはない。

本研究では、これまであまり研究されていなかったイチゴのヘタ離れ性の遺伝様式、ならびに親品種、特に‘ベニヒバリ’のヘタ離れ性が後代に及ぼす影響を明らかにする事を目的として、交配試験を行った。その結果、幾つかの知見が得られたので報告する。

実 験 方 法

1. 実験材料および栽培方法

交配親として‘ベニヒバリ’、‘ロビンソン’および‘ジャスパー’の3品種を供試した。1999年3月に3品種間での総当たり交配を行った。得られた種子を5月にパーミキュライト床へ播種してF₁実生を育成し、8月に当所農場の育苗圃へ仮植した。10月中旬に畝間120cm、条間30cm、株間40cmの二条千鳥植えて本圃へ定植した。肥料分として10aあたり堆肥2t、石灰100kg、窒素14kg、リン酸19kg、加里17kgを施した。定植後は黒マルチおよび灌水チューブを使用した露地栽培で管理し、2000年5月に調査を行った。

2. 調査方法

収穫期間中に週2回、ヘタ離れ果率、果実数、果重を調査した。また収穫した果実より20gを分取して冷凍保存した。

ヘタ離れ性は海外ではCappingまたはDehullingなどと呼ばれる形質である。その調査は宮崎ら¹⁾の方法に準じて行った。すなわち果実の赤道部付近を片手で持って引っ張り、萼との境目で脱離が起こってヘタ(萼)のない状態で取れた果実をヘタ離れ果とした。果実数は一株当たりに着果した全果実数とし、果重は収穫量(重量)を収穫果数で除して求めた。果実数が10果に満たなかった株はデータから除外した。

冷凍保存した果実試料についてアントシアニン含量を測定した。解凍した果実より5%蟻酸で抽出し、波長500nmにおける吸光度(OD₅₀₀)を測定した。アントシアニン含量は果実1g当たりの吸光度で表した。

3. 遺伝率の推定方法

1) F₁における分散の比較による推定方法

森下⁸⁾の方法に準じ、式1によって交配組み合わせ(以下、家系とする)毎に、F₁実生と両親の表現型(ヘタ離れ果率)の分散から広義の遺伝率(H_{B1})を算出した。

$$H_{B1} = \frac{|V_{F1} - (V_{P1} + V_{P2}) / 2|}{V_{F1}} \quad (\text{式1})$$

V_{F1}: F₁実生の分散。 V_{P1}, V_{P2}: 両親の分散。

2) 親子回帰による推定方法

森下⁸⁾および萩原ら⁹⁾の方法に従い、各家系の平均値と中間親(平均親値: 両親の示す表現型の平均値)の値について、親子相関および親子回帰を求め、親子回帰直線の傾き(回帰係数)を広義の遺伝率(H_{B2})とした。

3) 分散分析による推定方法

Shawら^{10) 11)}、および森^{12) 13)}の方法に従い、F₁の値における分散分析の結果から相加遺伝分散(V_A)、優性分散(V_D)、狭義の遺伝率(H_{N3})、広義の遺伝率(H_{B3})を求めた。

結果および考察

1. F₁におけるヘタ離れ果率の特徴ならびにその他の形質との関係

1) ヘタ離れ果率ならびに他の形質の傾向

交配親として用いたイチゴの品種特性を Table 1 に示した。'ベニヒバリ' はヘタ離れ果率が 82% と最も高かったが、果重は最も小さく、アントシアニン含量も最も少なかった。'ロビンソン' のヘタ離れ果率は 44.9% で 'ベニヒバリ' の 1/2 程度であったが、果重はやや重く、アントシアニン含量も 'ベニヒバリ' より多かった。果数は 'ベニヒバリ' と同程度であった。'ジャスパー' は 3 品種中ヘタ離れ果率が 16.4% と最も低く 'ベニヒバリ' の 1/5 程度しかなかった。Brown ら^{4) 5)} の報告、および Darrow⁷⁾ の分類では 'ジャスパー' はヘタ離れがきわめて良好な品種とされているが、本試験の結果はこれと異なるものであった。育成されたヨーロッパとは成育条件が異なる事が原因となっている可能性がある。Darrow⁷⁾ によると、イチゴのヘタ離れは土壌の水分条件の影響を受け、湿潤な気候あるいは灌水により土壌水分が多い条件ではヘタ離れが悪くなると述べられている。当所では収穫期に雨が多く、またマルチ利用栽培で十分な灌水を行っているためヘタ離れ性が影響を受けた事が考えられる。'ジャスパー' は果実が最も大きく、アントシアニン含量も最も多かったが、果数は最も少なかった。

Table 2 に F₁ 実生について調査した結果を、家系ごとの平均値で示した。全体の平均では果数を除いていずれの形質も 3 品種の親の中で中間的な特性を持つロビンソンに近い値となっていた。また 'ベニヒバリ' を親として用いた家系では、他の家系よりもヘタ離れ果率の平均値が高かった。一般にイチゴは自殖弱性によって特性が劣化しやすいといわれている²⁾。本試験の結果では、果重および果数で特にその傾向がみられた。

2) F₁におけるヘタ離れ果率の頻度分布

親および F₁ におけるヘタ離れ果率の頻度分布を Fig. 1 に示した。'ベニヒバリ' および 'ロビンソン' は平均値付近に分布が集中していたが、'ジャスパー' は広がりがやや大きかった。F₁ の分布は 'ジャスパー' の自殖を除いて親より分布範囲が広がっており、親よりも高いヘタ離れ果率を示す個体がみられた。'ベニヒバリ' を母親とした家系では自殖を除いて親と同等かそれより高い方に分布が広がる傾向を示した。一方 'ロビンソン' および 'ジャスパー' を母親とした家系でも 'ベニヒバリ' を父とした場合には F₁ のヘタ離れ果率は母親よりも高い方に分布が広がる傾向のあることが明らかとなった。自殖の場合には親と同等かやや低い方に分布が広がった。

Table 1 Mean characteristics in parental varieties*.

Variety	n	Characters			
		Rate of capped fruits (%)	Fruit weight (g)	Number of fruit (n/plant)	Anthocyanin content (OD ₅₀₀ /g fw)
Benihibari	10	82.0 ± 5.2	6.7 ± 0.6	50.6 ± 18.4	13.6 ± 1.4
Robinson	10	44.9 ± 14.5	9.5 ± 1.0	52.3 ± 8.2	22.5 ± 1.9
Juspa	10	16.4 ± 14.9	10.1 ± 1.5	20.6 ± 5.9	34.9 ± 2.6

*Mean ± SD

Table 2 Mean characteristics in each family*.

Family (Female × male)	n	Characters			
		Rate of capped fruits (%)	Fruit weight (g)	Number of fruit (n/plant)	Anthocyanin content (OD ₅₀₀ /g fw)
Benihibari × Benihibari	10	64.6 ± 20.3	5.8 ± 1.6	28.7 ± 16.1	20.2 ± 6.2
Benihibari × Robinson	17	68.8 ± 25.6	10.5 ± 2.9	30.8 ± 17.9	16.0 ± 11.5
Benihibari × Juspa	20	57.2 ± 19.1	10.1 ± 2.3	32.4 ± 15.2	30.0 ± 8.1
Robinson × Robinson	14	19.7 ± 14.7	10.7 ± 4.3	31.8 ± 16.6	19.7 ± 6.0
Robinson × Benihibari	29	56.3 ± 24.5	10.1 ± 2.9	34.8 ± 22.2	12.8 ± 4.4
Robinson × Juspa	29	27.6 ± 17.7	12.1 ± 3.3	32.7 ± 16.9	26.3 ± 6.9
Juspa × Juspa	7	12.8 ± 12.7	8.5 ± 2.6	19.9 ± 7.1	38.4 ± 8.4
Juspa × Benihibari	14	51.9 ± 24.0	10.6 ± 3.1	27.9 ± 21.0	20.4 ± 5.1
Juspa × Robinson	18	28.0 ± 21.5	12.7 ± 2.7	33.5 ± 14.3	31.1 ± 10.9
Average	17.6	44.2 ± 27.3	10.6 ± 3.3	31.6 ± 17.6	22.8 ± 10.4

*Mean ± SD

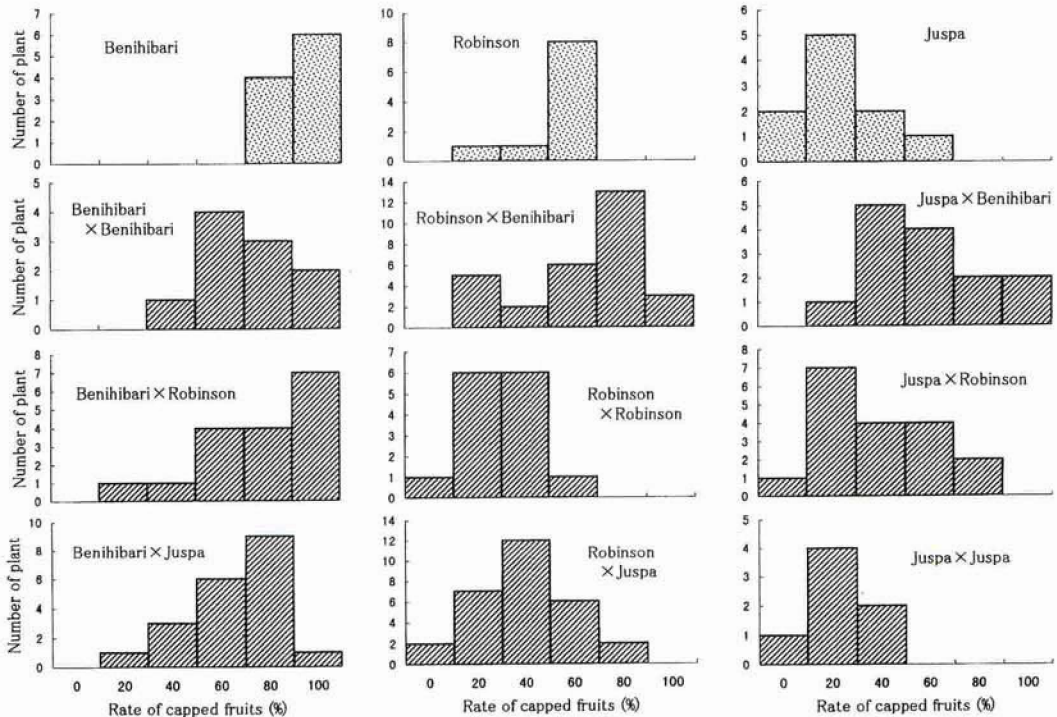


Fig. 1 Frequency distributions of rate of capped fruits in parental varieties and each family*.

*Female × male.

3) ヘタ離れ果率と他の形質との相関関係

F₁における形質間の相関係数を Table 3 に示した。ヘタ離れ果率は果重およびアントシアニン含量との間に負の相関があった。また果重と果数との間にも負の相関があった。この結果から、ヘタ離れ果率の高いイチゴは果実が小さく、またアントシアニン含量が低くて果色が薄い傾向にあることが明らかとなった。果実の大きさは収量性に影響し、大きい方が収量性は高いが、用途によってはそれほど大きくない方が適している場合もある。果実の色は果実や果実加工品の品質に大きく影響する。加工用品種の‘アメリカ’に関して、果実の色が薄いために製造されたジャムの色調に問題があると指摘されていた¹⁴⁾ことから、果実の色はある程度濃い方が好ましいと思われる。負の相関があることから、収量や果実の色とヘタ離れ果率のいずれもが優れた系統の出現する確率は決して高くないと考えられる。またヘタ離れ性を重視した選抜の際には、果実の大きさや色に関しても同時に評価する必要がある。

2. ヘタ離れ果率の遺伝率の推定

量的形質に関して、雑種集団における表現型の分散(変異)には、遺伝子の影響による分散と、環境の影響による分散とが含まれている。全分散に占める遺伝子の効果による分散が広義の遺伝率とされている。さらに遺伝的分散には相加効果による分散と優性効果による分散が含まれ、このうち相加効果(相加遺伝分散)の占める割合が狭義の遺伝率とされる。遺伝率は0~1の値をとり、0.5以上が高い値とされている。

1) 表現型の分散の比較による推定値(H_{B1})

イチゴは栄養繁殖性の作物なので親の遺伝子型は全て同一である。従って親の表現型分散は環境による分散そのものであり、本推定方法はF₁の分散から環境分散を除いたものが遺伝分散であるという考え方に基づいている。本方法により家系ごとに分散の比較から推定したヘタ離れ果率における広義の遺伝率(H_{B1})を Table 4 に示した。遺伝率は家系(交配組み合わせ)によって異なった。また‘ジャスパー’の自殖では親の分散の方がF₁の分散より大きかったために遺伝率の算出ができなかった。本法で算出した広義の遺伝率は‘ロビンソン’の自殖では0.02と低かった他は0.52~0.93、全体の平均でも0.64と高い値を示した。

2) 親子回帰による推定値(H_{B2})

生育環境が同じであれば、子の表現型の親平均からのずれ(回帰)はそのまま広義の遺伝率となる。従って任意交配されたF₁集団では、子(F₁)の(中間)親に対する回帰直線の傾き(b:回帰係数)が広義の遺伝率(H_{B2})に相当するとされている。ヘタ離れ果率における中間親値とF₁の各家系平均値との関係を Fig. 2 に示した。F₁におけるヘタ離れ果率の家系ごとの平

Table 3 Correlation coefficients among characters in F₁.

Characters	Rate of capped fruits	Fruit weight	Number of fruit	Anthocyanin content
Rate of capped fruits	1.00	-0.23*	0.03	-0.35*
Fruit weight	-0.23*	1.00	-0.25*	0.06
Number of fruit	0.03	-0.25*	1.00	0.02
Anthocyanin content	-0.35*	0.06	0.02	1.00

*Significant at 5% level.

Table 4 Estimated broad-sense heritabilities for rate of capped fruits in each family.

Family (Female × male)	Variance in rate of capped fruits		Broad-sense heritability (H_{B1})
	V_{F1}	V_{P^*}	
Benihibari × Benihibari	411.2	27.0	0.93
Benihibari × Robinson	657.0	119.3	0.82
Benihibari × Juspa	363.3	124.7	0.66
Robinson × Robinson	216.5	211.7	0.02
Robinson × Benihibari	598.6	119.3	0.80
Robinson × Juspa	311.8	217.1	0.60
Juspa × Juspa	161.5	222.4	—
Juspa × Benihibari	575.6	124.7	0.78
Juspa × Robinson	463.9	217.1	0.52
Average	417.7	153.7	0.64

$$*V_{P} = (V_{P1} + V_{P2}) / 2$$

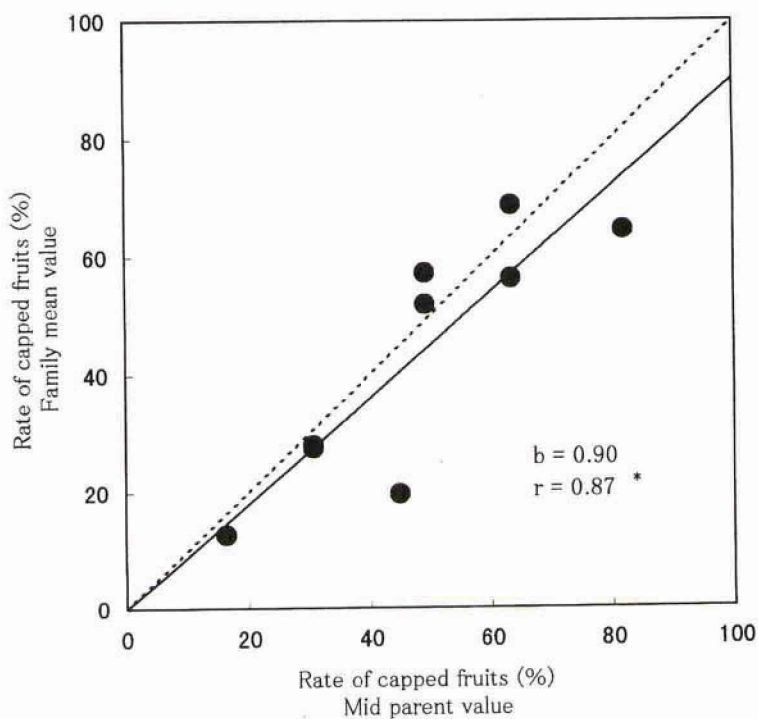


Fig. 2 Relationship between mid parent value and family mean value in rate of capped fruits.

b : Mid parent-offspring regression coefficient = broad-sense heritability (H_{B2}).

r : Mid parent-offspring correlation coefficient.

*Significant at 5 % level.

均値は、中間親の値に近似しており、両者の相関係数は0.87と高かった。本方法によって算出された広義の遺伝率は0.90と非常に高い値であった。

3) 分散分析による推定値 (H_{N3} , H_{B3})

上記1), 2)の方法でそれぞれ遺伝率を推定した結果、いずれのケースでも高い値が得られたことから、ヘタ離れ性は環境の影響よりも遺伝的な影響によって決定される部分が大いことが明らかとなった。しかし上記の方法では遺伝子の効果の中で、ポリジーンに支配される相加遺伝効果と優性遺伝子に支配される優性効果のどちらの効果が高いのかは明らかではない。そこで Shaw ら^{10) 11)}, および森^{12) 13)}の方法によりこれらの効果、ならびに狭義の遺伝率の推定を試みた。本方法は、母親と父親を結果 (F_1) に影響を及ぼす因子、交配を母親数×父親数の要因試験と考え、分散分析から交配が子に及ぼす影響を推定するものである。

F_1 のヘタ離れ果率に対する分散分析の結果を Table 5 に示した。母親間、父親間、ならびに母×父の交互作用成分のすべてが5%で有意であることから、ヘタ離れ果率の決定には相加遺伝的果だけでなく優性効果も関与していることが示唆された。分散分析の結果から算出したヘタ離れ果率における遺伝分散の推定値を Table 6 に示した。相加遺伝分散 (σ_A^2) より値は小さいものの優性分散 (σ_D^2) が明らかに存在することが示された。全分散に占める相加遺伝分散 (σ_A^2) の割合で表される狭義の遺伝率 (H_{N3}) は0.78, 優性分散も含めた広義の遺伝率 (H_{B3}) は1.15

Table 5 Results of analysis of variance (ANOVA) for rate of capped fruits in F_1 .

Source	df	Mean square	Composition of expected mean square ^z
Female	2	13817.92 ^{*y}	$\sigma_w^2 + r \sigma_{fm}^2 + rm \sigma_f^2$
Male	2	7264.32 [*]	$\sigma_w^2 + r \sigma_{fm}^2 + rf \sigma_m^2$
Female × male	4	1826.03 [*]	$\sigma_w^2 + r \sigma_{fm}^2$
Within-family	149	441.35 [*]	σ_w^2

^z σ_f^2 , σ_m^2 , σ_{fm}^2 , σ_w^2 : Variance components due to effect of female parent, male parent, female × male interaction, and within-family residual for the analysis.

r, f, m: Number of replications, females and males, respectively.

^y Significant at 5% level.

Table 6 Estimated parameters of heritabilities in rate of capped fruits from ANOVA

Parameters [*]	Estimate
Additive genetic variance (σ_A^2)	660.24
Dominance genetic variance (σ_D^2)	314.72
Narrow-sense heritability (H_{N3})	0.78
Broad-sense heritability (H_{B3})	1.15

$$* \sigma_A^2 = 2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2)$$

$$\sigma_D^2 = 4(\sigma_{fm}^2)$$

$$H_{N3} = \sigma_A^2 / (\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2)$$

$$H_{B3} = (\sigma_A^2 + \sigma_D^2) / (\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2)$$

といずれも高い値となった。自殖 F_1 のヘタ離れ果率の平均値 (Table 2), ならびに頻度分布 (Fig. 1) から, ヘタ離れ果率の低い方にみかけの優性効果あるいはエピスタシスが存在すると推察された。

4) イチゴにおけるヘタ離れ性の遺伝様式

以上, 3種の方法でイチゴのヘタ離れ性について遺伝率を推定した結果, いずれも高い値が得られた。従ってイチゴにおけるヘタ離れ果率は遺伝的に決定される部分が大いと考えられた。また遺伝効果においては相加遺伝効果の影響が大いだが, 見かけ上低い方の優性効果も影響を及ぼしていることが明らかとなった。Brown ら⁴⁾ もヘタ離れ果率は相加的遺伝子と優性遺伝子の両方によって制御されていると考察している。しかしながら彼らが算出したヘタ離れ果率の広義の遺伝率は0.43とそれほど高くはなく, 環境による影響の方が大いと述べられている。本試験においても, ヘタ離れ性に優れるとされていた 'ジャスパー' のヘタ離れ果率が低かった事, また 'ベニヒバリ' においても栽培年や収穫時の条件によってはヘタ離れ果率の変動が観察されている事 (データ省略) などから, 環境要因が及ぼす影響も無視できないと考えられる。従ってヘタ離れ性の評価には栽培環境・栽培条件を一定にした状態で評価する必要があるかもしれない。

育種においては, ヘタ離れ性の低い方にみかけの優性効果が現れると推定されるので, 自殖やヘタ離れ性の高い品種同士の交配がどのような結果をもたらすのかさらに検討する必要があると思われる。

3. 'ベニヒバリ' を用いた交配が F_1 のヘタ離れ果率およびその他の形質に及ぼす影響

供試した3品種の交配親と, その F_1 における形質の平均値との関係を Table 7 に示した。'ベニヒバリ' を親とした F_1 集団では, 他の2品種を親とした場合よりもヘタ離れ果率は顕著に高くなるが, 果重は小さくなる傾向が示された。しかし 'ベニヒバリ' の後代の中にもヘタ離れ果率, 果重ともに親より優れた個体が見られたことから (データ省略), 'ベニヒバリ' と同等以上のヘタ離れ果率と, より大きい果実とを両立する品種の育成は可能と考えられる。また育種親としては父親よりも母親として用いた方が, ヘタ離れ果率およびアントシアニン含量において優れた後代が得られる可能性が高いと考えられる。Brown ら⁵⁾ は野生種イチゴの *Fragaria* × *virginiana* がヘタ離れに関しては優れた遺伝子資源であるが, その他の果実特性は好ましくないと報告している。また 'ゴレラ' は他のヘタ離れ性品種とは異なる遺伝子を持っていると推察している⁴⁾。

Table 7 Effect of parent varieties on mean characteristics in F_1 .

Parent	Variety	Mean value of F_1			
		Rate of capped fruits (%)	Fruit weight (g)	Number of fruit (n/plant)	Anthocyanin content (OD ₅₀₀ /g fw)
Female	Benihibari	63.5	8.8	30.6	22.1
	Robinson	34.5	11.0	33.1	19.6
	Juspa	30.9	10.6	27.1	30.0
Male	Benihibari	57.6	8.8	30.5	17.8
	Robinson	38.8	11.3	32.0	22.3
	Juspa	32.5	10.2	28.3	31.6

本試験の結果によれば、'ベニヒバリ' はヘタ離れ性の優れたイチゴ品種の育成における優れた遺伝子資源になると期待される。また 'ロビンソン' は果実の大きさにおいて、'ジャスパー' はアントシアニン含量において後代の特性を向上できる品種であると考えられる。

要 約

イチゴ (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) のヘタ離れ性における遺伝率、ならびに 'ベニヒバリ' が遺伝子資源として後代のヘタ離れ果率に及ぼす影響を評価した。'ベニヒバリ' を含む3品種を用いて総当たり交配を行い、その F_1 実生についてヘタ離れ果率、その他の果実特性を調査した。

F_1 のヘタ離れ果率の平均値は中間親の値に近似していた。ヘタ離れ果率は果重およびアントシアニン含量と負の相関があった。

ヘタ離れ果率の遺伝率を (1) F_1 と親の分散の比較、(2) 中間親と F_1 との回帰、および (3) 母親および父親因子の分散分析、により推定した。推定された広義の遺伝率はそれぞれ0.64, 0.90および1.15となった。いずれの場合も遺伝率は高い値であったことから、ヘタ離れ性は主に遺伝効果によって決定されたと考えられた。さらに、分散分析の結果から、ヘタ離れ果率は相加遺伝効果だけではなく、優性遺伝効果の影響を受けることが示された。

F_1 におけるヘタ離れ果率の頻度分布は親品種よりも広くなり、特に 'ベニヒバリ' を親とした組み合わせでは高い方に分布が広がる傾向がみられた。'ベニヒバリ' はヘタ離れ性において優れた遺伝子資源になると期待された。

文 献

- 1) 宮崎正則, 佐藤 宏, 奥 正和, 後藤隆子: 園学雑, **63**, 811-817 (1995).
- 2) 望月龍也: 農業および園芸, **74**, 539-545 (1999).
- 3) 望月龍也: 農業および園芸, **74**, 659-663 (1999).
- 4) Brown, G. R. and Moore, J. N.: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **100**, 569-572 (1975).
- 5) Brown, G. R., Moore, J. N. and Bailey, L. F.: *Hortscience*, **10**, 120-121 (1975).
- 6) Lawrence, F. J., Galletta, G. J. and Scott, D. H.: *Hortscience*, **25**, 895-896 (1990).
- 7) Darrow, G. M.: *The Strawberry, History, Breeding and Physiology*, pp. 394, 447, Holt, Reinhart, and Winston, New York (1966).
- 8) 森下昌三: 野菜・茶業試験場研究報告A (野菜・花き), **8**, 1-53 (1994).
- 9) 萩原 勲, 大塚裕一, 滝沢利恵, 箱田直紀, 志村 勲: 園学雑, **67** (別冊2), 322 (1998).
- 10) Shaw, D. V., Bringham, R. S. and Voth, V.: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **112**, 699-702 (1987).
- 11) Shaw, D. V.: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **116**, 894-898 (1991).
- 12) 森 利樹: 園学雑, **68** (別冊2), 252 (1999).
- 13) 森 利樹: 園学雑, **69**, 90-96 (2000).
- 14) 日本ジャム工業組合: 加工原料用野菜部会報告 (1986).