

ブドウ遺伝資源の品質関連形質の評価に関する研究

白石, 美樹夫
九州大学農学研究科遺伝子資源工学専攻

<https://doi.org/10.11501/3099891>

出版情報 : 九州大学, 1994, 博士 (農学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第4章 品質関連形質の環境変動

第1節 緒言

一般に複数個の品種あるいは系統（遺伝子型）を複数の環境条件下で栽培し、各遺伝子型の反応が環境によって異なるとき、遺伝子型と環境の間に交互作用が存在するという（Allard and Bradshaw 1964）。この遺伝子型と環境との交互作用から生じる複雑な現象に育種的に対応するためには、種々の環境条件下における遺伝子型の物質生産能力の環境安定性（適応性）について留意しなければならない。岡(1967)は適応性を一般適応性と特殊適応性に分類し、前者は気候や土壌など不特定多数の要因が関与する複雑な自然条件に対する反応性であり、後者は耐病性・耐冷性・感光性などの特定の環境条件に対する反応性であるとした。

果樹の一般適応性に関しては、関与する形質の遺伝特性の解明が進んでいないこと、数量化が困難なこと、関連する環境要因が多様なことなどから研究報告は少ない（Hansche *et al.* 1972, 清家 1975, 町田・小崎 1975）。ブドウでは、果汁の糖度や遊離酸含量など一部の品質関連形質について遺伝子型間で差異が認められ、また、同一品種でも栽培地域や年次によって差が生ずることが知られている（Kliwer and Ough 1970, Carroll *et al.* 1971, Rice 1974）。これはブドウの環境に対する反応に品種間差異があり、形質の発現において品種と環境の交互作用を考慮しなければならないことを示している。

本章では、同一および複数の地域において生育したブドウ数品種

の品質関連形質の年次および地域間の変動を調査し、それらの環境変動性について検討した。

第2節 材料および方法

実験1. 同一の地域における品質関連形質の年次間変動

材料には、九州大学農学部附属農場で保存する国内外の品種のうち12品種を供試し、それらの主な特性を表4-1に記した。供試材料

表4-1 実験1で供試した品種

育成地	品種	種または雑種	成熟期の早晚	用途
欧州	Baladi	<i>Vitis vinifera</i>	晩生	生食
	Carignane	<i>V. vinifera</i>	晩生	醸造
	Merlot	<i>V. vinifera</i>	晩生	醸造
	Rizamat	<i>V. vinifera</i>	中生	生食
北米	Catawba	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	早生	生食
	Niagara	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	早生	生食
	Athens	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	早生	生食
	Urbana	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	中生	生食
日本	ピオーネ	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	晩生	生食
	ルビーオクヤマ	<i>V. vinifera</i>	晩生	生食
	高砂	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	中生	生食
	ヤトミローザ	<i>V. vinifera</i>	早生	生食

の内訳は、欧州産4品種(Baladi, Carignane, Merlot, Rizamat), 北米産4品種(Catawba, Urbana, Athens, Niagara), そして日本産4品種(ピオーネ, ルビーオクヤマ, 高砂, ヤトミローザ)である。これらの品種は、1991年から1993年の3年間に互って九州

大学農学部附属農場における一重被覆の無加温ビニルハウス内で慣行法に従って栽培し，第2章で示したように肉眼観察によって成熟期を判定した．品質関連形質の測定では，1品種1樹とし，1樹当たり2果房を選んで1果房中の全果実から抽出した果汁を分析に用いた．

実験2．複数の地域における品質関連形質の地域・年次間変動

材料には，日本における主要な栽培品種4品種（‘巨峰’，‘マスカットベリーA’，‘Campbell Early’，‘ネオマスカット’）を供試し，主な特性を表4-2に記した．1992年から1993年の2年

表4-2 実験2で供試した品種

品種	種または雑種	育成地	成熟期の早晚	用途
巨峰	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	日本	早生	生食
マスカットベリーA	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	日本	晩生	生食
Campbell Early	<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i>	北米	早生	生食
ネオマスカット	<i>V. vinifera</i>	日本	中生	生食

間に互って，これらの材料を福岡A（九州大学農学部附属農場），福岡B（福岡県農業総合試験場），佐賀（佐賀県果樹試験場），長崎（長崎県果樹試験場），大分（大分県農業技術センター），広島（果樹試験場安芸津支場），岡山（岡山県農業試験場）および島根（島根県農業試験場）の8地域において慣行法に従って栽培した．九州大学農学部附属農場のみ一重被覆の無加温ビニルハウス栽培とし，

他の地域は露地栽培とした。成熟期は、第2章で示したように肉眼観察によって判定した。品質関連形質の測定では、1品種2樹とし、1樹当たり2果房を選んで1果房中の全果実から抽出した果汁を分析に用いた。

品質関連形質の測定

品質関連形質については、糖度、還元糖含量、 α 比、遊離酸含量、 β 比、全アミノ酸含量、 γ 比を評価指標として選定し、第2章で用いた分析方法によって測定した。糖度は手持ち屈折糖度計示度(%)で、還元糖含量は Bertrand法によって果汁100ml 当たりのグルコース量(g)で、 α 比はHPLC法によってグルコース・フルクトース・スクロース間の組成比(%)を算出してグルコース/(フルクトース+スクロース)の比率で、遊離酸含量は電位差滴定法によって果汁100ml 当たりの酒石酸量(g)で、 β 比はHPLC法によって酒石酸・リンゴ酸間の組成比(%)を算出して酒石酸/リンゴ酸の比率で、全アミノ酸含量はHPLC法によって Asp, Thr, Ser, Glu, Ala, Val, Met, Ile, Leu および Arg の果汁100ml 当たりの総量(mmol)で、 γ 比は測定した各アミノ酸の全アミノ酸含量に対する組成比(%)を算出して $[\text{Thr}+\text{Ser}+\text{Ala}] / ([\text{Asp}+\text{Glu}]+[\text{Val}+\text{Met}+\text{Ile}+\text{Leu}+\text{Arg}])$ の比率で表示した。

第3節 結果

1. 同一の地域における品質関連形質の年次間変動

供試全品種について、3年間(1991~1993)の糖度、還元糖含量および α 比の年次間変動を表4-3に示した。

表 4-3 同一地域における供試品種 3 年間の糖に関する年次間変動

品種	糖度 (%)	還元糖 含量 (g/100 ml)	α 比
欧州群			
Baladi	14.6 \pm 1.74 (12%)	13.53 \pm 1.60 (13%)	1.11 \pm 0.04 (4%)
Carignane	16.5 \pm 1.18 (7%)	14.14 \pm 0.67 (5%)	1.22 \pm 0.13 (10%)
Merlot	17.3 \pm 2.61 (15%)	15.10 \pm 2.50 (15%)	1.09 \pm 0.04 (4%)
Rizamat	15.6 \pm 0.64 (4%)	13.70 \pm 1.12 (8%)	1.22 \pm 0.03 (3%)
群平均	16.0	14.11	1.16

北米群			
Catawba	15.7 \pm 0.49 (6%)	14.09 \pm 0.78 (6%)	0.95 \pm 0.02 (2%)
Niagara	15.9 \pm 2.18 (13%)	13.67 \pm 1.80 (13%)	0.93 \pm 0.05 (5%)
Athens	16.2 \pm 0.66 (4%)	13.66 \pm 1.11 (8%)	1.11 \pm 0.05 (5%)
Urbana	19.4 \pm 0.96 (5%)	17.57 \pm 1.11 (5%)	0.94 \pm 0.04 (7%)
群平均	16.8	14.75	0.98

日本群			
ピオーネ	18.3 \pm 0.25 (1%)	16.92 \pm 0.82 (1%)	1.07 \pm 0.02 (2%)
ルビーオクヤマ	16.9 \pm 0.50 (4%)	15.25 \pm 0.54 (4%)	1.04 \pm 0.07 (7%)
高 砂	14.6 \pm 1.90 (17%)	12.23 \pm 2.03 (17%)	1.05 \pm 0.07 (7%)
ヤトミローザ	15.1 \pm 2.83 (19%)	12.94 \pm 2.44 (19%)	1.13 \pm 0.04 (3%)
群平均	16.2	14.32	1.07

() 内の数字は変動係数 (標準偏差/平均値 \times 100 %) を示す

糖度および還元糖含量では、顕著な品種間差異が認められなかった。 α 比では、顕著な品種間差異は認められなかったが、北米群に 1.0 以下の変異が多いのに対し、日本群および欧州群では 1.0 以上の変異が多かった。糖度および還元糖含量の変動係数は、品種によって年次間変動の大きさが異なり、変動係数は 1~19% であった。 α 比の年次間変動は概して小さく、変動係数は 2~10% であった。

供試全品種について、3 年間 (1991~1993) の遊離酸含量および β 比の年次間変動を表 4-4 に示した。遊離酸含量では、品種間に顕著な差異は認められなかったが、欧州群の醸造用品種では 0.5 g/100ml 以上の高い変異が認められた。 β 比では、北米群に

1.5以上の高い変異が多いのに対し，欧州および日本群間では顕著な品種間差異は認められなかった。遊離酸含量の年次間変動は概して大きく，変動係数は8～54%であった。β比の年次間変動も遊離酸含量と同様に概して大きく，変動係数は10～35%であった。

表 4-4 同一地域における供試品種3年間の有機酸に関する年次間変動

品種	遊離酸含量 (g/100 ml)	β比
欧州群		
Baladi	0.27 ±0.02 (8%)	1.58 ±0.37 (23%)
Carignane	0.54 ±0.13 (24%)	1.04 ±0.25 (24%)
Merlot	0.52 ±0.09 (18%)	0.94 ±0.21 (22%)
Rizamat	0.37 ±0.20 (54%)	1.43 ±0.16 (11%)
群平均	0.43	1.25

北米群		
Catawba	0.43 ±0.12 (27%)	1.94 ±0.36 (19%)
Urbana	0.33 ±0.11 (32%)	1.59 ±0.55 (35%)
Athens	0.30 ±0.11 (33%)	2.05 ±0.52 (26%)
Niagara	0.27 ±0.05 (18%)	1.81 ±1.74 (29%)
群平均	0.33	1.85

日本群		
ピオーネ	0.30 ±0.05 (15%)	1.05 ±0.25 (23%)
ルビーオクヤマ	0.36 ±0.12 (34%)	1.02 ±0.16 (15%)
高砂	0.46 ±0.10 (22%)	1.47 ±0.14 (10%)
ヤトミローザ	0.36 ±0.16 (44%)	1.37 ±0.31 (23%)
群平均	0.37	1.23

()内の数字は変動係数(標準偏差/平均値×100%)を示す

供試全品種について，3年間(1991～1993)の全アミノ酸含量およびγ比の年次間変動を表4-5に示した。全アミノ酸含量では，顕著な品種間差異は認められなかったが，北米および日本群に比べて欧州群では低い傾向であった。γ比の品種間差異は明瞭であり，欧州，日本，北米の順に群平均が高くなった。全アミノ酸含量の年

次間変動は非常に大きく、変動係数は29～71%であった。γ比の年次間変動には品種間に差異が認められ、変動係数は4～45%であった。

表 4-5 同一地域における供試品種3年間のアミノ酸に関する年次間変動

品種	全アミノ酸含量 (mmol /100 ml)	γ 比
欧州群		
Baladi	0.70 ±0.30 (43%)	0.70 ±0.20 (29%)
Carignane	0.53 ±0.38 (71%)	0.88 ±0.32 (37%)
Merlot	0.69 ±0.33 (48%)	0.84 ±0.35 (42%)
Rizamat	0.43 ±0.20 (47%)	0.50 ±0.14 (27%)
群平均	0.59	0.73

北米群		
Catawba	0.49 ±0.22 (44%)	2.40 ±0.31 (25%)
Urbana	0.90 ±0.26 (29%)	1.44 ±0.48 (34%)
Athens	0.90 ±0.39 (44%)	1.72 ±0.02 (8%)
Niagara	0.68 ±0.32 (47%)	2.58 ±0.02 (4%)
群平均	0.74	2.04

日本群		
ピオーネ	1.32 ±0.44 (33%)	1.90 ±0.27 (14%)
ルビーオクヤマ	0.65 ±0.32 (49%)	0.25 ±0.11 (45%)
高砂	0.64 ±0.32 (49%)	1.28 ±0.09 (7%)
ヤトミローザ	0.89 ±0.36 (41%)	0.89 ±0.36 (41%)
群平均	0.80	1.08

()内の数字は変動係数(標準偏差/平均値×100%)を示す

さらに、糖度、還元糖含量、α比、遊離酸含量、β比、全アミノ酸含量およびγ比の環境安定性について明瞭にするために、以下の統計モデルを仮定して品種と年次の二つの要因について二元配置の分散分析を行い、反復率を推定した。

$$X_{ij} = \mu + v_i + y_j + e_{ij}$$

ここで、 X_{ij} , μ , v_i , y_j , e_{ij} はこの順に、それぞれ測定値、総平

均、品種の効果，年次の効果，誤差を表す．そして，全分散を，品種間分散(σ^2_v)，年次間分散(σ^2_y)および誤差分散(σ^2_e)に分割し，反復率は $\sigma^2_v / (\sigma^2_v + \sigma^2_y + \sigma^2_e)$ とした．

同一の地域における 1 2 品種 3 年間の糖度，還元糖含量， α 比，遊離酸含量， β 比，全アミノ酸含量および γ 比の分散分析の形式を表 4-6 に，分散成分と反復率を表 4-7 に示した．

表 4-6 同一の地域における 1 2 品種 3 年間の品質関連形質の分散分析の形式

変動因	自由度	平均平方の期待値
全体	$vy - 1$	—
品種	$v - 1$	$\sigma^2_e + 3\sigma^2_v$
年次	$y - 1$	$\sigma^2_e + 12\sigma^2_y$
誤差	$(v - 1)(y - 1)$	σ^2_e

表 4-7 同一の地域における 1 2 品種 3 年間の品質関連形質の調査から得られた分散成分と反復率

評価指標	分散成分			反復率
	品種間分散 (σ^2_v)	年次間分散 (σ^2_y)	誤差分散 (σ^2_e)	
糖度	1.405 (36.1 %)	0.250 (6.4 %)	2.241 (55.1 %)	0.361
還元糖含量	1.669 (39.4 %)	0.175 (4.1 %)	2.394 (56.5 %)	0.394
α 比	0.0081 (72.1 %)	0.0001 (0.9 %)	0.0037 (30.5 %)	0.721
遊離酸含量	0.0058 (31.0 %)	0.0044 (23.5 %)	0.0085 (45.5 %)	0.310
β 比	0.107 (36.6 %)	0.029 (9.9 %)	0.156 (53.5 %)	0.366
全アミノ酸含量	0.039 (28.1 %)	0.0096 (6.9 %)	0.090 (65.0 %)	0.281
γ 比	0.529 (87.8 %)	0.0084 (1.4 %)	0.065 (10.8 %)	0.878

()内の数字は全分散 ($\sigma^2_v + \sigma^2_y + \sigma^2_e$) に対する百分比を示し，反復率は $\sigma^2_v / (\sigma^2_v + \sigma^2_y + \sigma^2_e)$ とした．

調査した各評価指標の環境安定性については、 α 比と γ 比において高く、反復率はそれぞれ0.721と0.878であるのに対し、糖度、還元糖含量、遊離酸含量、 β 比および全アミノ酸含量では低く、反復率はそれぞれ0.361, 0.394, 0.310, 0.366, 0.281であった。また、表4-7の σ^2_e を用い、単年度のデータから推定した場合の各評価指標における95%信頼区間 ($\pm 1.96\sigma_e$) を求めた結果、糖度 $\pm 2.93\%$ 、還元糖含量 $\pm 3.03\text{g}$ 、 α 比 ± 0.12 、遊離酸含量 $\pm 0.18\text{g}$ 、 β 比 ± 0.77 、全アミノ酸含量 $\pm 0.59\text{mmol}$ 、 γ 比 ± 0.50 であった。

複数の地域における品質関連形質の地域・年次間変動

本実験では、各地域それぞれの事情による材料採取の困難性のために、予定したすべての地域・年次で全品種の品質関連形質の環境安定性について検討できなかった。そこで、供試全品種の各地域における年次別の糖度、還元糖含量および α 比の平均値を算出し、さらに地域および年次を込みにした全平均と変動係数を表4-8に示した。

糖度では、‘巨峰’が最も高く、変異幅は15.8~18.4%で全平均は17.3%であった。‘Campbell Early’は最も低く、変異幅は10.4~15.6%で全平均は12.6%であった。‘マスカットベリーA’は‘ネオマスカット’よりも高く、変異幅と全平均はそれぞれ14.9~17.8%と16.2%、12.2~17.8%と15.1%であった。糖度の変動係数では、‘巨峰’と‘マスカットベリーA’は5%で小さいのに対し、‘Campbell Early’と‘ネオマスカット’ではそれぞれ12%と9%で普通であった。

表4-8 糖に関する品種、地域および年次間変動

地域\品種・年次	巨峰		マスカットベリーA		Campbell Early		ネオマスカット	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993
-----糖度 (%)-----								
福岡A ¹	16.1	17.0	16.0	15.9	12.7	15.6	14.7	16.1
福岡B ²	18.4	16.5	16.8	17.3	11.6	12.8	12.2	15.1
佐賀 ³	17.6	16.1	—	15.3	—	13.7	—	14.0
長崎 ⁴	17.8	18.3	16.4	14.9	—	—	—	—
大分 ⁵	18.2	18.0	17.8	16.7	11.2	14.1	15.3	14.4
広島 ⁶	17.7	—	16.7	—	12.7	—	17.8	—
岡山 ⁷	15.8	17.4	15.9	15.2	10.4	11.5	14.9	15.0
島根 ⁸	17.5	—	—	—	—	—	16.1	—
全平均 (変動係数) ⁹	17.3 (5%)		16.2 (5%)		12.6 (12%)		15.1 (9%)	
-----還元糖含量 (g/100 ml)-----								
福岡A	14.82	14.98	14.38	13.51	10.53	12.82	13.82	14.15
福岡B	17.95	14.71	14.28	15.02	11.51	11.11	11.04	12.58
佐賀	16.71	13.52	—	13.10	—	11.61	—	12.36
長崎	15.99	16.26	15.76	12.46	—	—	—	—
大分	16.55	14.71	16.73	14.71	10.70	11.96	15.02	12.48
広島	17.03	—	15.86	—	11.86	—	16.85	—
岡山	14.54	15.01	15.86	13.16	9.72	9.86	13.15	13.02
島根	16.82	—	—	—	—	—	14.82	—
全平均 (変動係数)	15.69 (8%)		14.57 (9%)		11.17 (9%)		13.57 (12%)	
-----α比-----								
福岡A	1.10	1.04	1.04	1.09	0.91	0.92	1.18	1.16
福岡B	1.13	1.17	1.09	1.08	0.90	0.94	1.05	1.15
佐賀	1.11	1.10	—	1.09	—	0.92	—	1.09
長崎	1.13	1.11	1.16	1.15	—	—	—	—
大分	1.19	1.12	1.19	1.10	1.00	0.96	1.13	1.08
広島	1.13	—	1.01	—	0.93	—	1.07	—
岡山	1.11	1.04	0.99	1.14	0.93	0.94	1.07	1.13
島根	1.12	—	—	—	—	—	1.11	—
全平均 (変動係数)	1.11 (4%)		1.09 (6%)		0.94 (3%)		1.11 (4%)	

- 1 : 九州大学農学部附属農場 2 : 福岡県農業総合試験場 3 : 佐賀県果樹試験場
 4 : 長崎県果樹試験場 5 : 大分県農業技術センター 6 : 果樹試験場安芸津支場
 7 : 岡山県農業試験場 8 : 島根県農業試験場
 9 : 8地域の1992年と1993年のデータを込みにした平均値と
 変動係数 (標準偏差/全平均×100 %)

還元糖含量では, ‘巨峰’ が最も高く, 変異幅は13.52~17.95 g/100ml で全平均は15.69gであった. ‘Campbell Early’ は最も低く, 変異幅は9.72~12.82gで全平均は11.17gであった. ‘マスカットベリーA’ は ‘ネオマスカット’ よりも高く, 変異幅と全平均はそれぞれ12.46~16.73gと14.57g, 11.04~16.85gと

13.57gであった。還元糖含量の変動係数は、8～12%で普通の変動であった。

α比では、‘巨峰’および‘ネオマスカット’が最も高く、変異幅と全平均はそれぞれ1.04～1.19と1.11、1.05～1.18と1.11であった。‘マスカットベリーA’は‘Campbell Early’よりも高く、変異幅と全平均はそれぞれ0.99～1.19と1.09、0.90～1.00と0.94であった。α比の変動係数は3～6%で、変動は小さかった。

表4-9 有機酸に関する品種、地域および年次間変動

地域\品種・年次	巨峰		マスカットベリーA		Campbell Early		ネオマスカット	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993
-----遊離酸含量 (g/100 ml)-----								
福岡A ¹	0.32	0.30	0.34	0.43	0.27	0.29	0.34	0.29
福岡B ²	0.34	0.32	0.30	0.58	0.34	0.36	0.53	0.52
佐賀 ³	0.32	0.52	—	0.66	—	0.19	—	0.43
長崎 ⁴	0.30	0.24	0.31	0.52	—	—	—	—
大分 ⁵	0.29	0.38	0.38	0.55	0.26	0.28	0.29	0.53
広島 ⁶	0.27	—	0.32	—	0.27	—	0.23	—
岡山 ⁷	0.32	0.41	0.35	0.47	0.31	0.34	0.28	0.41
島根 ⁸	0.26	—	—	—	—	—	0.28	—
全平均 (変動係数) ⁹	0.33 (22%)		0.43 (28%)		0.29 (17%)		0.38 (30%)	
-----β比-----								
福岡A	1.11	1.35	0.85	0.87	1.70	1.87	0.92	1.06
福岡B	1.34	1.07	1.26	0.81	2.63	1.47	0.86	1.04
佐賀	1.13	0.91	—	0.56	—	1.64	—	0.93
長崎	1.56	1.45	0.89	0.79	—	—	—	—
大分	1.34	1.32	1.15	0.69	2.94	2.03	0.75	0.94
広島	1.25	—	0.83	—	2.03	—	1.20	—
岡山	1.54	1.26	1.01	0.80	1.80	1.56	0.99	0.96
島根	1.35	—	—	—	—	—	1.18	—
全平均 (変動係数)	1.28 (14%)		0.88 (22%)		1.97 (24%)		0.99 (13%)	

- 1：九州大学農学部附属農場 2：福岡県農業総合試験場 3：佐賀県果樹試験場
 4：長崎県果樹試験場 5：大分県農業技術センター 6：果樹試験場安芸津支場
 7：岡山県農業試験場 8：島根県農業試験場
 9：8地域の1992年と1993年のデータを込みにした平均値と変動係数（標準偏差/全平均×100%）

遊離酸含量は表4-9に示すように‘マスカットベリーA’が最も高く、変異幅は0.30～0.66g/100mlで全平均は0.43gであった。

‘Campbell Early’は最も低く、変異幅は0.19~0.36gで全平均は0.29gであった。‘ネオマスカット’は‘巨峰’よりも高く、変異幅と全平均はそれぞれ0.23~0.53gと0.38g, 0.24~0.52gと0.33gであった。遊離酸含量の変動係数は、17~30%であり、変動が大きかった。

β 比は‘Campbell Early’が最も高く、変異幅と全平均は1.56~2.94と1.97であった。‘マスカットベリーA’は最も低く、変異幅は0.56~1.26で全平均値は0.88であった。‘巨峰’は‘ネオマスカット’よりも高く、変異幅と全平均はそれぞれ0.91~1.54と1.28, 0.75~1.20と0.99であった。 β 比の変動係数は、‘ネオマスカット’と‘巨峰’では13%と14%で普通であるのに対し、‘マスカットベリーA’と‘Campbell Early’では22%と24%であり、変動が大きかった。

全アミノ酸含量については表4-10に掲げるように‘巨峰’が最も高く、変異幅は1.04~1.70 mmol/100m/で全平均は1.39 mmolであった。‘マスカットベリーA’は最も低く、変異幅は0.95~1.70 mmolで全平均は1.29 mmolであった。‘Campbell Early’および‘ネオマスカット’の変異幅と全平均はそれぞれ1.00~1.76 mmolと1.32 mmol, 1.09~1.79 mmolと1.32 mmolであった。全アミノ酸含量の変動係数は、16~18%であり、変動が大きかった。

γ 比は‘Campbell Early’が最も高く、変異幅と全平均値は1.58~3.09と2.47であった。一方、‘ネオマスカット’は最も低く、変異幅は0.79~1.36で全平均は1.02であった。‘巨峰’は‘マ

スカットベリーA'よりも高く、変異幅と全平均はそれぞれ1.21～1.78と1.53, 0.96～1.33と1.16であった。γ比の変動係数は、'マスカットベリーA'と'巨峰'では11%と12%で普通の変動であるのに対し、'ネオマスカット'と'Campbell Early'では18%と22%で、変動は大きかった。

表4-10 アミノ酸に関する品種、地域および年次間変動

地域\品種・年次	巨峰		マスカットベリーA		Campbell Early		ネオマスカット	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993
-----全アミノ酸含量 (mmol/100 ml)-----								
福岡A ¹	1.54	1.12	1.23	1.10	1.14	1.20	1.79	1.14
福岡B ²	1.06	1.16	1.28	1.65	1.49	1.20	1.26	1.49
佐賀 ³	1.51	1.04	—	1.26	—	1.00	—	1.09
長崎 ⁴	1.70	1.42	1.70	1.42	—	—	—	—
大分 ⁵	1.48	1.67	1.13	1.40	1.15	1.51	1.29	1.11
広島 ⁶	1.40	—	1.05	—	1.51	—	1.59	—
岡山 ⁷	1.31	1.49	1.25	0.95	1.76	1.24	1.28	1.01
島根 ⁸	1.57	—	—	—	—	—	1.43	—
全平均(変動係数) ⁹	1.39 (16%)		1.29 (18%)		1.32 (18%)		1.32 (18%)	
-----γ比-----								
福岡A	1.53	1.50	1.07	0.96	2.54	2.04	1.27	0.91
福岡B	1.62	1.57	1.27	1.23	2.92	3.09	1.36	1.15
佐賀	1.45	1.38	—	1.26	—	2.13	—	1.03
長崎	1.28	1.75	1.00	1.29	—	—	—	—
大分	1.33	1.74	1.11	1.33	1.58	2.72	0.96	0.94
広島	1.61	—	1.28	—	1.75	—	0.79	—
岡山	1.21	1.63	1.12	0.99	2.91	3.00	1.12	0.81
島根	1.78	—	—	—	—	—	0.87	—
全平均	1.53 (12%)		1.16 (11%)		2.47 (22%)		1.02 (18%)	

- 1：九州大学農学部附属農場 2：福岡県農業総合試験場 3：佐賀県果樹試験場
 4：長崎県果樹試験場 5：大分県農業技術センター 6：果樹試験場安芸津支場
 7：岡山県農業試験場 8：島根県農業試験場
 9：8地域の1992年と1993年のデータを込みにした平均値と変動係数（標準偏差/全平均×100 %）

第4節 考察

果樹などの永年性作物において、品質関連形質の環境変動をどの程度推定できるかは、遺伝資源の利用・評価において重要な問題である。Hansche *et al.* (1972)はモモの、町田・小崎 (1975)はニ

ホンナシの，山田（1985）はカキの育種上重要な果実形質の環境変異を統計的に推定している．ブドウの品質関連形質の環境変動に関する報告としては，果実の形態的形質と糖および遊離酸含量に関するものが多い．Carroll *et al.* (1971)は，3年間に亙って栽培種 *Vitis rotundifolia* 12品種の糖および有機酸を調査し，糖組成に比べて糖含量，有機酸含量，有機酸組成の年次変動が大きいことを報告しており，Rice (1974)も6年に亙って *V. labrusca* × *V. vinifera* 雑種7品種を用いて調査し，同様な結果を得ている．これらの結果から，ブドウの品質関連形質と環境との交互作用において形質間に差異があり，形質ごとの環境変動の特徴の解明によって品質関連形質の環境安定性の推定が可能である．

本研究では，第2章で提示したように，ブドウの品質関連形質として，糖では糖度，還元糖含量および α 比，有機酸では遊離酸含量および β 比，アミノ酸では全アミノ酸含量および γ 比の計七つの評価指標を選び，各評価指標ごとの年次間変動，地域・年次間変動について考察する．

(1) 年次間変動

評価指標の年次間変動については，供試品種の果実調査結果を分散分析によって解析し，反復率を算出した．反復率とは，遺伝分散(σ^2_g)と環境分散(σ^2_e)から成る全分散中に占める σ^2_g の割合を表している．反復率が高い形質ほど年次の反復による精度の向上が少なく，短年の測定値の信頼性が高いのに対し，反復率の低い形質は，長年の調査，あるいは測定果数を増やして測定の精度を高める必要がある．今回の調査では，遺伝分散を品種間分散(σ^2_v)とし，環境

分散を年次間分散(σ^2_y)と誤差分散(σ^2_e)に分割した。

年次間分散(σ^2_y)では、遊離酸含量が大きく、全分散中に占める比率は23.5%であり、以下、 β 比9.9%、全アミノ酸含量6.9%、糖度6.4%、還元糖含量4.1%、 γ 比1.4%、 α 比0.9%で α 比と γ 比が小さかった。誤差分散(σ^2_e)では、糖度、還元糖含量、遊離酸含量、 β 比および全アミノ酸含量が大きく、全分散中に占める比率は40%以上であり、次いで α 比がやや大きく30.5%、 γ 比では小さく10.8%であった。 σ^2_e には、試料のサンプリングエラーや測定誤差による分散と、品種と年の交互作用による分散の二つが混在しており、前者については単年次の測定果数を増やすことによって減少させることが可能である。また、 σ^2_e から各評価指標の95%信頼区間を推定すると、糖度 $\pm 2.93\%$ 、還元糖含量 $\pm 3.03\text{g}$ 、 α 比 ± 0.12 、遊離酸含量 $\pm 0.18\text{g}$ 、 β 比 ± 0.77 、全アミノ酸含量 $\pm 0.59\text{mmol}$ 、 γ 比 ± 0.50 であった。 σ^2_y と σ^2_e の両分散を考慮すると、 α 比と γ 比に関する測定値の年次間変動は小さく、糖度、還元糖含量、遊離酸含量、 β 比、全アミノ酸含量では大きくなると予想される。

九州大学農学部附属農場における品種保存は、一部の主要品種を除いて1品種1樹としているため、品種間分散(σ^2_v)には、遺伝変異以外に枝間差異のような個体内変異が加わったものとみなすことができる。本実験では、 $\sigma^2_v / (\sigma^2_v + \sigma^2_y + \sigma^2_e)$ を各評価指標の反復率とした。 α 比および γ 比の反復率は高く、それぞれ0.721と0.878であった。これに対して、糖度、還元糖含量および β 比は低く、それぞれ0.361、0.394、0.366であった。遊離酸含量と全アミノ酸含量はさらに低く、0.310と0.281であった。

品質関連形質の反復率あるいは遺伝率については、数例が報告されている。佐藤ら(1992)は、ブドウ育種試験の過程で56実生3年間の調査から、糖度における年次間分散の全分散に対する比率は1.0%で小さく、誤差分散は全分散の約50%であり、反復率は0.52と推定している。Firoozabady and Olmo(1987)は、4年間に互る46家系、1,000個体の実生の果実諸形質の調査結果から、糖度と遊離酸含量の遺伝率はそれぞれ0.34と0.15と推定している。以上のことから、反復率の高い α 比および γ 比については、1~2年の短年の調査でも信頼度は高いのに対し、糖度、還元糖含量、遊離酸含量、 β 比、全アミノ酸含量では、少なくとも3年以上の多年次に互る測定が必要であろう。

α 比および γ 比の高い反復率の理由として、 α 比ではグルコースとフルクトース+スクロース間の、 γ 比では甘味アミノ酸群と酸味アミノ酸群+苦味アミノ酸群間の相関が高いことが考えられる。一方、同じ比率で算出される β 比(酒石酸/リンゴ酸)の反復率が低い理由としては、第3章で明らかにしたように成熟期前後の呼吸量の増加によるリンゴ酸の急激な変動とともに、酒石酸とリンゴ酸間の相関が低いことが挙げられる。

(2) 地域・年次間変動

品質関連形質の評価指標の地域・年次の変動性については、予定した8地域2年間のサンプルが得られなかったため、供試した品種ごとに地域および年次別のデータをひとまとめにして、全平均と変動係数を比較した。その結果、品種ごとの特性と各評価指標の変動性について明らかにすることができた。

糖含量については，‘巨峰’が最も高く，‘マスカットベリーA’，‘ネオマスカット’，‘Campbell Early’の順に低くなった。α比では，‘Campbell Early’は1.0以下で最も低かったが，他の3品種では大差なかった。遊離酸含量とβ比では，遊離酸含量が高い品種ほどβ比は低くなる傾向が認められ，‘マスカットベリーA’と‘ネオマスカット’がこれに相当する。また，β比については，‘Campbell Early’が特に高く，リンゴ酸の減少が顕著な品種である。全アミノ酸含量では，顕著な品種間差異が認められないのに対し，γ比では，‘Campbell Early’が特に高く，次いで‘巨峰’が高く，‘マスカットベリーA’，‘ネオマスカット’の順に低くなった。これらの結果は，糖含量，α比，遊離酸含量，β比およびγ比の変異については，品種の効果による寄与が大きいことを示している。

評価指標の変動性については，変動係数の大小から，α比が最も小さく，次いで糖含量が小さく，遊離酸含量，β比，全アミノ酸含量，γ比では大きかった。このうち，β比とγ比では品種によって変動係数が異なり，β比では‘マスカットベリーA’と‘Campbell Early’が，γ比では‘Campbell Early’と‘ネオマスカット’が高かった。こうしたα比を除く各評価指標において，変動係数の大きさが供試品種ごとに異なる傾向は，(1)の年次間変動の調査においても認められ，サンプリングエラーによる誤差の効果も考慮しなければならないが，品種（遺伝子型）の環境に対する適応性について差異があることを示唆する。

第5章 育成地別および用途別品種群の品質関連形質に関する比較

第1節 緒言

ブドウは生食用，加工原料用など幅広い用途がある。特に，近年は食生活の多様化が進み，品質について様々な要望が寄せられるようになってきたため，育種においても交配段階から用途を意識した合目的な交配親の選定が必要になった。ブドウは欧州，北米，オーストラリアなど世界各地で栽培され，数多くの品種が育成されている。それらを遺伝資源として収集し，評価することは育種効率の向上に極めて重要であると同時に，ブドウの種内分化の把握に有用であり，また，育種の展開方向を知るための貴重な資料を提供する。

九州大学農学部附属農場では，国内外の野生種，品種，系統および台木を多数保存している。これらの系統の特徴としては，在来品種に富んでいること，育成地が明らかであることなどが挙げられる。現在，保存系統の農業上重要な形質については調査が進められ，多様な変異が存在することが確認されている。しかし，保存系統の品質に關与する化学成分については調査が不十分である。

そこで本章では，保存系統について果汁中の品質関連形質を調査した後，育成地別および用途別に系統を群別し，その形質の変異について解析するとともに，品種育成のための選抜効果との関連性について考察した。

第2節 材料および方法

材料には，1991年と1992年の2年間に亘って九州大学農学部

附属農場で保存する国内外の203品種を供試した。その内訳は、欧州群81，北米群53，日本群69品種である。これらの品種を、九州大学農学部附属農場の一重被覆の無加温ビニルハウス内で慣行法に従って栽培し、肉眼観察によって判定した成熟期別に収穫した。

品質関連形質については、糖度、還元糖含量、 α 比、遊離酸含量、 β 比、全アミノ酸含量、 γ 比を選定し、第2章で用いた分析方法によって測定した。糖度は手持ち屈折糖度計示度(%)で、還元糖含量はBertrand法によって果汁100ml当たりのグルコース量(g)で、 α 比はHPLC法によってグルコース・フルクトース・スクロース間の組成比(%)を算出してグルコース/(フルクトース+スクロース)の比率で、遊離酸含量は電位差滴定法によって果汁100ml当たりの酒石酸量(g)で、 β 比はHPLC法によって酒石酸・リンゴ酸間の組成比(%)を算出して酒石酸/リンゴ酸の比率で、全アミノ酸含量はHPLC法によってAsp, Thr, Ser, Glu, Ala, Val, Met, Ile, LeuおよびArgの果汁100ml当たりの総量(mmol)で、 γ 比は測定した各アミノ酸の総量に対する組成比(%)を算出して $[\text{Thr}+\text{Ser}+\text{Ala}]/([\text{Asp}+\text{Glu}]+[\text{Val}+\text{Met}+\text{Ile}+\text{Leu}+\text{Arg}])$ の比率で表示した。測定に当たっては、1系統当たり平均的な果房2房を選び、1房につき全果粒から搾汁して1回反復で測定を行い、2果房の平均値をとった。

第3節 結果

1. 糖の変異

供試品種における糖度、還元糖含量および α 比の最小値、最大値および平均値を表5-1に示した。糖度および還元糖含量の変異幅と

平均値では，育成地別および用途別による有意な差異は認められなかった．糖組成を示す α 比では，醸造用品種の育成地による差異は明らかではなかったが，生食用品種については地域差異が認められ，グルコースを多く含有する欧州品種群の α 比は高く，一方，フルクトースを多く含有する北米の生食用品種の α 比は有意に低かった．また，日本の生食用品種は欧州群と北米群のほぼ中間にあった．

表5-1 育成地別および用途別品種の糖に関する変異

評価指標	統計量	欧州		北米		日本	
		生食 (n=45)	醸造 (n=36)	生食 (n=50)	醸造 (n=3)	生食 (n=53)	醸造 (n=16)
糖度 (%)	最小値	13.0	12.6	12.6	15.7	12.4	14.2
	最大値	22.8	20.9	20.8	17.0	19.8	18.6
	平均値	16.3 ^a	16.6 ^a	16.4 ^a	16.2 ^a	16.7 ^a	16.0 ^a
還元糖含量 (g/100 ml)	最小値	10.82	10.99	9.63	14.23	10.20	11.96
	最大値	18.67	19.55	19.38	14.57	17.68	16.98
	平均値	14.40 ^a	14.44 ^a	14.39 ^a	14.41 ^a	14.43 ^a	14.36 ^a
α 比	最小値	1.02	0.95	0.48	1.04	0.62	0.99
	最大値	1.23	1.22	1.26	1.11	1.16	1.18
	平均値	1.11 ^a	1.09 ^a	0.95 ^c	1.07 ^{ab}	1.03 ^{bc}	1.08 ^{ab}

平均値の右肩の記号の異なるものは1%水準で有意差

糖の変異について，第2章で設定した評価指標の階級を用いて供試品種の頻度分布を調べた．糖度および還元糖含量では，育成地別および用途別に顕著な差異がなかった．糖度では，全供試品種ともモードは16.1~20.0%の級にあり，次いで12.1~16.0%の級にも多くの分布が認められた．還元糖含量では，北米群の1品種に10.00g/100ml以下の変異が認められたが，概して10.01g以上でモードは14.01~18.00gの級にあり，次いで10.01~14.00gの級

にも多くの分布が認められた。α比では、醸造用品種とは異なり、生食用品種の育成地による差異が明瞭であった。欧州群ではグルコース含量が高く1.01~1.20の級にモードがあるのに対し、北米群ではフルクトース含量が高く0.81~1.00の級にモードがあり、α比0.48~0.67の以下のスクロースを含有する品種も多く認められた。日本群では、欧州群と同様にモードは1.01~1.20の級にあったが、0.81~1.00の級にも比較的多くの頻度があり、また、α比=0.62の高スクロース系統が1品種認められた。

表5-2 糖に関する育成地別および用途別の供試品種の頻度分布

評価指標	階級	欧州		北米		日本	
		生食用 (n=45)	醸造用 (n=36)	生食用 (n=50)	醸造用 (n=3)	生食用 (n=53)	醸造用 (n=16)
糖度 (%)	12.1~16.0	18	11	21	2	17	8
	16.1~20.0	25	23	27	1	36	8
	20.1~24.0	2	2	2			
	~10.00			1			
還元糖含量 (g/100 ml)	10.01~14.00	17	12	21	1	18	7
	14.01~18.00	26	23	26	2	35	9
	18.01~22.00	2	1	2			
α比	0.41~0.60			3			
	0.61~0.80			2		1	
	0.81~1.00		1	27		15	1
	1.01~1.20	40	33	17	3	37	15
	1.21~1.40	5	2	1			

2. 有機酸の変異

供試品種における遊離酸含量およびβ比の最小値、最大値および平均値を表5-3に示した。遊離酸含量では、育成地による差異は明瞭でなかったが、およそ0.5gを境に生食用が醸造用よりも有意に低かった。有機酸組成を示すβ比では、北米群の生食用品種のβ比

が特に高かったが，他の品種群間には有意な差異は認められなかった。

表5-3 育成地別および用途別品種の有機酸に関する変異

評価指標	統計量	欧州		北米		日本	
		生食 (n=45)	醸造 (n=36)	生食 (n=50)	醸造 (n=3)	生食 (n=53)	醸造 (n=16)
遊離酸含量 (g/100 ml)	最小値	0.21	0.33	0.22	0.47	0.19	0.36
	最大値	1.19	1.52	1.82	0.84	0.64	0.99
	平均値	0.41 ^b	0.62 ^a	0.42 ^b	0.69 ^a	0.39 ^b	0.60 ^a
β比	最小値	0.48	0.53	0.63	0.94	0.39	0.70
	最大値	2.63	2.50	4.68	1.47	2.13	2.66
	平均値	1.33 ^b	1.15 ^b	1.92 ^a	1.25 ^b	1.26 ^b	1.16 ^b

平均値の右肩の記号の異なるものは1%水準で有意差

供試全品種における遊離酸含量の頻度分布では，育成地による顕著な差異はなく，モードは0.50g/100ml以下の級にあったが，生食用に比べて醸造用品種は高く，0.51~1.00gの級に多くの分布が認められた。β比では，北米の生食用品種の変異が多様であり，酒石酸の蓄積程度に顕著な品種間差異があり，β比2.21以上の高酒石酸型の品種が多く認められた。醸造用品種におけるβ比では，概して1.20以下のリンゴ酸を多く含む変異が認められた。

表5-4 有機酸に関する育成地別および用途別の供試品種の頻度分布

評価指標	階級	欧州		北米		日本	
		生食用 (n=45)	醸造用 (n=36)	生食用 (n=50)	醸造用 (n=3)	生食用 (n=53)	醸造用 (n=16)
遊離酸含量 (g/100 ml)	~0.50	37	12	45	1	48	4
	0.51~1.00	7	21	3	2	5	12
	1.01~1.50	1	3	2			
β比	~1.20	20	22	6	1	24	14
	1.21~2.20	23	13	23	2	29	1
	2.21~3.20	2	1	17			1
	3.21~4.20			3			
	4.21~			1			

3. アミノ酸の変異

全アミノ酸含量および γ 比では，育成地および用途による有意な差異が認められた(表5-5)．全アミノ酸含量では，欧州群，北米群，日本群の順に高い傾向があり，用途別では生食用よりも醸造用品種が有意に低く，概して0.9 mmol/100 ml 以下であった．アミノ酸組成を示す γ 比では，欧州群，日本群，北米群の順に高くなり，甘味アミノ酸の含有率が高まる傾向が認められた．欧州群では用途による差異は有意でなかったが，北米および日本群では生食用よりも醸造用が有意に低かった．

表5-5 育成地および用途別品種におけるアミノ酸に関する変異

評価指標	統計量	欧州		北米		日本	
		生食 (n=45)	醸造 (n=36)	生食 (n=50)	醸造 (n=3)	生食 (n=53)	醸造 (n=16)
全アミノ酸含量 (mmol / 100 ml)	最小値	0.18	0.18	0.34	0.32	0.48	0.25
	最大値	1.20	1.49	1.20	0.50	1.82	1.47
	平均値	0.60 ^c	0.50 ^d	0.76 ^b	0.38 ^d	0.99 ^a	0.59 ^{cd}
γ 比	最小値	0.28	0.28	0.57	0.68	0.25	0.26
	最大値	1.19	1.70	4.43	1.17	4.88	2.14
	平均値	0.66 ^d	0.86 ^d	1.90 ^a	0.91 ^d	1.52 ^b	1.08 ^{cd}

平均値の右肩の記号の異なるものは1%水準で有意差

供試品種の全アミノ酸含量の頻度分布では，特に日本の生食用品種群が他に比べて高く，0.91~1.80 mmolの級に多くの分布が認められた． γ 比は全アミノ酸含量に比べて育成地および用途による差異が明瞭であった．欧州群の γ 比のモードは，0.51~1.00の級にあるのに対し，生食用品種が大半を占める北米群の γ 比のモードは2.01以上にあり，醸造用品種は1.50以下であった．日本群の γ 比では，欧州および北米の両品種群が混在するような多様な変異が

認められた。

表5-6 アミノ酸に関する育成地別および用途別の供試品種の頻度分布

評価指標	階級	欧州		北米		日本	
		生食用 (n=45)	醸造用 (n=36)	生食用 (n=50)	醸造用 (n=3)	生食用 (n=53)	醸造用 (n=16)
全アミノ酸含量 (mmol/100 ml)	~0.90	38	32	34	3	23	15
	0.90~1.80	7	4	16		30	1
	1.81~						
γ比	~0.50	15	6			3	1
	0.51~1.00	24	20	7	2	13	6
	1.01~1.50	6	10	9	1	18	7
	1.51~2.00			10		7	1
	2.01~			24		12	1

第4節 考察

一般に、ブドウ果実の用途は生食用、加工用など多様であるが、品質評価に当たって生食用では食味が、醸造用では醸造適性が最も重視されている。従って、ブドウ遺伝資源の育種的利用に際しては、用途に応じた評価法の確立が肝要である。従来、我が国における国内外から収集したブドウ遺伝資源の取扱いについては、用途に拘りなく主に生食用ブドウ育成の観点から評価されることが多く(栗原ら 1976a, 栗原ら 1976b)、醸造用ブドウでは数品種について醸造適性の面から詳細な評価が行われているに過ぎない(山川 1983a, 1983b, 1983c, 1985)。

本章では、ブドウの品質関連形質において最も重要な糖、有機酸およびアミノ酸の変異を知るために、九州大学農学部附属農場で保存するブドウ遺伝資源のうち国内外の203品種を用いて、第2章で

述べた評価法で糖度，還元糖含量， α 比，遊離酸含量， β 比，全アミノ酸含量および γ 比を調査した。その結果，従来最も重視されてきた品質評価項目である糖度については統計的に有意な差異はなく，還元糖含量についても有意差は認められなかった。育成地別では α 比， β 比，全アミノ酸含量および γ 比の，また，用途別では遊離酸含量，全アミノ酸含量および γ 比の品種間差異が顕著であった(表5-1, 5-2, 5-3)。

糖含量は，食味やアルコール醗酵を左右する重要な品質関連形質である。糖度と還元糖含量について，育成地別および用途別品種の平均値では有意な差異が認められなかったが，変異幅はそれぞれ12.4～22.8%と9.63～19.55gと幅広く，このことは糖集積に関して遺伝的差異があることを示唆している。事実，第4章で述べたように‘Campbell Early’以後に我が国で育成された‘巨峰’，‘マスカットベリーA’，‘ネオマスカット’では高糖性に関する選抜の効果が明らかである。しかし，糖含量は環境との交互作用が大きく反復率あるいは遺伝率の小さい形質である(Firoozabady and Olmo 1987, 佐藤ら 1992, 平川ら 1993)ことから，糖集積には多くの遺伝子(群)が関与している可能性があり，今後ブドウにおける糖集積機構について研究を進める必要がある。

α 比は，第2章でブドウ果実の糖組成を容易に把握できる評価指標として設定したものである。 α 比が1.01以上ではグルコースの含有率が，0.81～1.00ではフルクトースの含有率が高まり，また，0.80以下ではフルクトースが主体で，スクロースを含有する可能性が高い。本実験では，1.01～1.20の級に欧州および日本品種群

のモードが、一方、北米品種群は0.81~1.00の級にモードがあり、スクロースを含有する系統も認められた。これは、第3章で推察したように北米群の一部の系統では、スクロース分解の主体となる酸性インベルターゼの活性に関して遺伝的に異なる代謝経路が分化し、北米には糖組成に関して多様な変異を持つ遺伝資源が存在していることを示している。

ところで、日本群の糖組成は欧州と北米の中間的な変異であるが、後述する β 比や γ 比と同様に品種成立の過程において北米群を育種素材として多く用いてきた結果、 α 比の変異はやや北米群に近く、1品種ではあるがスクロースを含有する変異も認められている。従来のブドウ育種では、糖含量の向上が主要目標であり、糖組成に注目した選抜は行われていない。既に第2章で述べたように、糖は種類によって甘味度が異なり、 α 比が低いほどフルクトースとスクロースによる甘味の増加が期待できる。従って、低 α 比の系統、特に高スクロース系統は、生食用ブドウにおける糖組成の変異拡大の育種素材として有望であり、遺伝様式の解明が今後の検討課題である。

遊離酸含量の高低は、ブドウ果実の利用形態を左右するうえで最も重要なものである。収穫期の遊離酸含量について、醸造用ブドウでは0.5g/100ml以上 (Amerine et al. 1979a) 必要とされるのに対し、生食用ブドウではほぼ0.5g以下 (山梨県果樹試験場 1993) となっている。本実験でも、生食用品種の多くは0.5g以下であり、醸造用のものは0.5g以上で、従来の知見と一致する。

β 比は、ブドウ果実中の主要酸である酒石酸とリンゴ酸について、酒石酸をリンゴ酸で除したものであり、第2章において有機酸組成

の評価指標として設定したものである。β比は過熟になるとリンゴ酸の減少によって必然的に1以上になるが、その割合によって品種間差異が認められ（第2章，第4章），また，第3章で明らかにしたようにリンゴ酸の減少率に関しても品種間差異がある。概して北米群は早生でリンゴ酸の減少が著しいのに対し，欧州群は晩生でリンゴ酸の減少が緩慢である。本実験では，用途別よりも育成地別の差異が大きく，欧州および日本群がほぼ同様な変異を示したのに対し，北米の生食用品種ではリンゴ酸の減少が著しく，β比の頻度においても2.21以上の高い階級に多くの分布が認められた。これらの結果から，北米群は有機酸の代謝，特にリンゴ酸の急激な減少による酒石酸の蓄積の点で他の2群とは遺伝的に異なる経路を分化させていることを示唆している。

全アミノ酸含量は，ブドウ果汁における遊離状態の Asp, Thr, Ser, Glu, Ala, Val, Met, Ile, Leu および Arg の合計値（第2章）である。本実験では，育成地および用途による有意な差異が認められた。育成地では，日本群が最も高く，特に生食用ブドウが有意に高かった。一般に，果実中の遊離アミノ酸は糖や有機酸に比べると量的にはるかに少ない（Amerine *et al.* 1979a）が，味覚の点ではいわゆる“こく”を形成している重要成分である（伊藤 1991）。従って，日本品種群の全アミノ酸含量が有意に高いことは，主に生食用ブドウの消費形態をもつ我が国の品種群の成立と関連している可能性がある。

γ比は，分析対象とした上記10種のアミノ酸を官能特性に応じて甘味（Thr, Ser, Ala），酸味（Asp, Glu）および苦味アミノ酸（Val,

Met, Ile, Leu, Arg)の3種に分け、この中の甘味アミノ酸を酸味+苦味アミノ酸で除したものである(第2章)。第2章で論じたように γ 比は、食味の面からは値が大きくなるほど濃厚な甘味が期待できる。一方、 γ 比の分母の構成因子であるAsp, Glu, LeuおよびArgがワイン酵母に選択的に代謝されやすいアミノ酸であることから醸造適性の点からも興味深い。欧州群の γ 比は用途別に大差なく1.00以下に多く分布しており、このことは食味の点では淡泊であることを意味し、醸造適性の点ではワイン酵母に代謝されやすいアミノ酸を高率に含むといえよう。

北米群の γ 比は1.01以上に変異が偏り、2.01以上の階級にモードがあった。供試した北米群の大半は、生食用ブドウであり、醸造用ブドウは僅かではこれらは欧州より導入されたものである。従って、北米には甘味アミノ酸を多く含む系統が遺伝資源として存在しており、糖および有機酸組成の場合と同様に、アミノ酸の代謝においても欧州群とは異なる経路を分化させていると推察する。日本群の γ 比は、欧州群と北米群の間の変異が認められ、アミノ酸組成に関しては欧州や北米とは異なる多様な遺伝資源が成立しているといえる。このようにアミノ酸組成を評価する γ 比は、ブドウ品種の特性調査やその分化に関する研究において糖および有機酸組成と同様に有用な指標といえる。

第6章 総合考察

我が国では、明治初期から開始された育種によって生食用を主体に多数のブドウ品種が生み出されてきた。特に、生食用ブドウにおける形状および色沢などの外観特性に加えて食味を中心とした消費特性に優れた品種成立は欧米には認められず、遺伝資源として極めて貴重な品種群が我が国で分化しているといえる。従来、ブドウ栽培の安定性向上の観点から結実管理や病虫害防除体系の整備に試験研究の重点が置かれていたが、近年の品種特性の多様化・高品質化などの社会的背景を反映して品質についても育種的に重視されるようになった。また、育種法においても、従来の交雑育種に加えて細胞融合や遺伝子組換えなど育種技術の開発の急な現在、育種素材となる遺伝資源の重要性はますます増大している。

本研究では、ブドウ果実の品質関連形質である糖、有機酸およびアミノ酸の変異を的確に評価できる指標の設定を行い（第2章）、これらの指標について成熟過程における変動（第3章）と年次および地域による環境変動（第4章）を明らかにした。加えて、既存遺伝資源の評価を行い、糖、有機酸およびアミノ酸について多様な変異が存在することを明らかにした（第5章）。これらの変異は、種々の育種目標に対応するための素材として重要であるばかりでなく、ブドウの種内分化の把握と今後の育種の展開方向を考えるうえでも貴重な情報を提供し、また、果実類の生合成経路の究明においても有用な実験材料である。本章では、ブドウの品質育種を推進するうえでの問題点と今後の研究の展望について育種学的観点から総合的

に考察する。

一般に、品質とは複数の形質が関与し、数量的評価が困難な総合的形質であるが、対象とする作物に応じて重視される特性が異なっている(望月・武田 1987)。流通上の問題の少ない穀類では、粒形や粒の大きさ、均一性などの外観形質の他に、コメの炊飯特性、コムギの製粉・製麺適性など加工および消費面での特性が重要である。一方、生鮮物の野菜や果物では食味などの消費面と同程度に生産物の形状や均一性などの外観特性および輸送、貯蔵に関わる流通適性が重視される。

従って、品質を対象とする育種の場合には、個々の品質関連形質について客観的な評価指標の設定が重要である。例えば、コメの食味に対するアミロース含量(奥野 1990)、ウンシュウミカンの食味に対する糖および有機酸含量(飯野・小曾戸 1971)、オオムギの醸造適性に対するジアスターゼ力(武田 1983)などが挙げられる。さらに、食味については、一般に理化学的特性と官能検査の結果が一致するとは限らず、最終的には人間の感覚によって評価されるため、食味を100%説明できるような指標を得ることは不可能に近い。しかし、育種における選抜を考えると、食味の制限要因を的確に捉えることができれば、当面の効果的な食味の選抜指標として使える可能性がでてくる。

ブドウでは、果皮色の外観特性と同様に糖度および遊離酸含量が生食用および醸造用ブドウの品質評価において重視される。糖度は、ブドウの品質を代表する値として広範に用いられており、評価の簡便性と長年の共通理解がある一方で、測定値に対する温度や糖成分

以外の影響を無視できないだけでなく、甘味を左右する還元糖および非還元糖間の質的な差異も評価できない。また、遊離酸含量においても、測定法の標準化と用途別の選抜基準も明確ではない。さらに、我が国のブドウ産業の主体である生食用ブドウの官能検査法も確立されていない現在、食味を中心とする品種の最終的な品質評価は当事者によって経験的に処理されている。ブドウにおける客観的な官能検査法の開発と併せて官能的品質と個々の理化学的特性との関係解明は今後の重要課題である。

一般に、果実類の品質関連形質としては特に果汁中の糖、有機酸およびアミノ酸が注目されてきた。糖ではウンシュウミカン（大東 1979）、ニホンナシ（梶浦ら 1979）、モモ（Moriguchi *et al.* 1990）、トマト（壺月ら 1986）が、有機酸ではトマト（Stevens *et al.* 1979）、ウンシュウミカン（松本 1985）、イチゴ（Shaw *et al.* 1987）が、アミノ酸ではトマト（Kader *et al.* 1978、稲葉ら 1980）、ウンシュウミカン（大東 1979）などで品種間の量的および質的変異が認められている。

ブドウにおいても、糖、有機酸およびアミノ酸について多数の報告があるが、主に生理学あるいは醸造学的観点から研究がなされ、育種学的観点から品種間の変異について研究された例は少ない。その理由として、(1) 迅速で簡便な微量分析法と変異の評価法が確立されていなかったこと、(2) 種々の環境条件における安定性が明確ではなかったこと、(3) 果実内の生合成経路に関する解明が進んでいないことなどが挙げられる。本研究では、まず、ブドウ果汁中の品質関連形質である糖、有機酸およびアミノ酸の評価指標として、

従来の糖度と遊離酸含量に加えて、還元糖含量、 α 比、 β 比、全アミノ酸含量および γ 比の計七つの評価指標を設定した（第2章）。

ブドウ果実の糖度および還元糖含量は成熟期前後で安定しているが（第3章）、環境との交互作用が認められ（第4章）、その発現には多くの遺伝子（群）が関与している可能性が高い。栽培品種における糖度および還元糖含量では、育成地別および用途別に有意な差異は認められないのに対し（第5章）、野生種や野生種を改良して作出された台木品種の糖度および還元糖含量は栽培品種よりもかなり低い（第2章）。この主因として考えられるのは、野生種から栽培種に移行する段階でブドウ果実の糖含量に関して有意な選抜が加えられたためと考える。しかし、第5章で明らかにしたように栽培品種内でも糖度および還元糖含量に明瞭な差異が認められることから、今後はブドウ果実における糖集積機構の解明を進めるとともに、糖含量に関する育種素材の組合せ能力の検定を行う必要がある。

一般に、ブドウ果実の糖組成は、還元糖であるフルクトースとグルコースで全体の90%以上を占め、非還元糖のスクロースは極く微量である（Amerine *et al.* 1979a）が、栽培種の一部には組成比にして10%以上のスクロースを含有する高スクロース系統も認められた。本研究では、糖組成を評価する指標として、従来のグルコース/フルクトースに代えて新たに α 比 = $\text{グルコース} / (\text{フルクトース} + \text{スクロース})$ を設定することによって系統間差異、特に高スクロース系統の識別が容易になった（第2章、第3章、第5章）。ブドウ品種の糖組成について、グルコース、フルクトース、スクロースそれぞれ個別に評価することは情報が多次元になり、供試個体数が

多くなると効率的ではない。しかし、 α 比は、後述する β 比や γ 比と同様に多次元評価をできるだけ単純化し、ブドウ果実の糖組成をほぼ一次元で評価できるところに利点がある。また、 α 比は成熟期前後で安定であり(第3章)、年次や地域の違いによる変動が小さく環境安定性が高い(第4章)。 α 比の高い環境安定性の一因として、分子であるグルコースと分母であるフルクトース+スクロース間の高い相関が考えられる(第4章)。

一部のブドウ品種におけるスクロースの大量蓄積の原因について論議された報告はないが、第3章で推定したようにスクロース分解を担う酸性インベルターゼの活性低下が主因と考える。ブドウ果実における糖の遺伝的制御機構の解明は今後の課題であるが、ここではトマトの糖代謝について分子レベルでの興味ある報告を紹介する。一般に、栽培トマト(*Lycopersicon esculentum*)の糖組成は、ブドウと同様にフルクトースとグルコースが主要糖であり、スクロースは殆ど存在しないが、野生トマト(*L. hirsutum*, *L. peruvianum*)にスクロースの大量蓄積が認められた(Davis 1966, 望月ら 1986)。そこで、原田ら(1993)は、酸性インベルターゼ遺伝子をプローブにして高スクロース系統の選抜が極めて効率的になったことを報告した。一方、大山ら(1993)は、栽培トマトにアンチセンス酸性インベルターゼ遺伝子を導入して高スクロース性トマトの作出を行っている。従って、トマトにおける上記の知見はブドウ果実における糖の生合成経路を推定するうえで有用であると考えられる。

ブドウ属における高スクロース性の給源となる遺伝資源は北米に特異的に存在し、*Vitis rotundifolia*(第2章)および*V. labrusca*

× *V. vinifera* 雑種(第5章)の一部の品種に限定される。しかし、*V. rotundifolia* については、北米東海岸の一部で栽培されているに過ぎない。また、世界で栽培されている大部分のブドウ品種の遺伝的背景は *V. vinifera* あるいは *V. labrusca* × *V. vinifera* 雑種のいずれかである。高スクロース性の変異については、*V. vinifera* では認められないが、*V. labrusca* × *V. vinifera* 雑種においても数品種に限られているため(第2章、第5章)、栽培ブドウにおける高スクロース性の出現には、*V. labrusca* × *V. vinifera* 雑種内の遺伝的分化が主因と考える。

従来、ブドウ果実の有機酸については、有機酸から解離した遊離酸含量の高低が評価の主体であった。しかし、第2章および第5章で明らかにしたように、有機酸組成(β 比 = 酒石酸/リンゴ酸)にも多様な変異が存在した。成熟期前後の変動では、遊離酸含量はほぼ安定する傾向が認められたのに対し、 β 比は成熟期前後で増加する果実の呼吸活動に起因するリンゴ酸の減少によって変動しやすい(第3章)。さらに、遊離酸含量および β 比は年次および地域間の変動が大きいことから(第4章)、糖含量と同様に両形質の発現には多くの遺伝子(群)が寄与している可能性が高く、評価に当たっては栽培環境を変えて少なくとも3年以上の長期に亘って調査する必要がある。また、 β 比の環境安定性が低い理由として、酒石酸とリンゴ酸間の相関が低いことも考えられる(第4章)。

一般に、生食用ブドウの酸味には遊離酸含量が最も寄与し、生食用と醸造用ブドウの用途を左右する境は0.5 g/100 ml である(第2章、第5章)。醸造用ブドウでは、生食用ブドウと異なり、醗酵の

代謝源と汚染防止のために0.5~1.5gの多量の遊離酸を必要とする (Amerine *et al.* 1979a, 大塚 1989). また, 酸味の強さは種類によって異なり(福家 1994), ブドウ果汁において同程度のpHあるいは遊離酸含量の場合, 酒石酸に比べてリンゴ酸の酸味は柔らかく爽快である (Münz 1963, Amerine *et al.* 1965, Furukawa *et al.* 1969). 本研究では, 野生種, 台木および醸造用品種のように遊離酸含量の高い個体の β 比は概して低く, 1.2以下の変異が多かった(第2章, 第5章). しかし, 生食用品種では, 0.5g以下の低い遊離酸含量のもとで欧州群に β 比の低い品種が, また, 北米群に β 比の高い品種が多く認められることから(第2章, 第3章, 第4章, 第5章), 上述した酸味の質的な違いとの関連性も含めてブドウ果実における有機酸の代謝経路の詳細な解明が必要となる。

アミノ酸については, 作物育種における選抜指標として用いられた例は少ない. その理由として, (1) 分析操作が繁雑で試薬が高価であること, (2) 通常10以上の種類の異なるアミノ酸から構成されるため情報量が大きくなる, (3) 栽培環境, 特に窒素施肥による変動が顕著であることなどが挙げられる. しかし, 野菜や果実類における多様な変異は品質評価において重要視される場合もあり, 果汁利用の加工用トマトでは全アミノ酸含量の測定がなされている(望月・武田 1987). 本研究では, 再現性のよいAsp, Thr, Ser, Glu, Ala, Val, Met, Ile, Leu, Argを解析対象とし, これらのアミノ酸の評価指標として, その総量を全アミノ酸含量, アミノ酸組成を主にThr, Ser, Alaから成る甘味アミノ酸群の変異に注目して γ 比 = $[\text{Thr} + \text{Ser} + \text{Ala}] / ([\text{Asp} + \text{Glu}] + [\text{Val} + \text{Met} + \text{Ile} + \text{Leu} + \text{Arg}])$ の

計二つを設定した(第2章).

成熟期前後の全アミノ酸含量では増加傾向が認められ(第3章), また, 年次および地域によって大きく変動したことから(第4章), 糖含量や遊離酸含量と同様に全アミノ酸含量の発現には多くの遺伝子(群)が関与している可能性が高く, その評価に当たっては有機酸の場合と同様な配慮が必要である. このように全アミノ酸含量は環境変動の大きい形質であるが, 用途別の差異は有意であり, 醸造用品種よりも生食用品種のほうが高く(第2章, 第5章), 特に我が国の生食用品種が高い. 一般に, アミノ酸含量は動物および植物性食品の旨みを大きく左右し(小原 1983), 果実類においてはいわゆる“こく”を形成する呈味成分の主体である(伊藤 1991). 従って, アミノ酸含量は糖および有機酸との相加あるいは相乗効果によって生食用ブドウの食味の形成に寄与している可能性があり, 生食用ブドウ主体の我が国の品種群の成立との関連の点で興味深い.

アミノ酸組成は, 本研究で調査した品質関連形質の中で最も変異に富み, γ 比を指標にすることで供試品種の育成地別および用途別の差異を明瞭に評価できた(第2章, 第5章). 育成地別では, 欧州, 日本, 北米群の順に甘味アミノ酸(Thr, Ser, Ala)の含有率が増して γ 比は高くなった(第5章). さらに, 供試品種の各群では, 欧州が1.00以下に, 北米が1.51以上に多くの頻度分布が認められたのに対し, 日本では0.51~1.50に多く認められたものの, 欧州および北米群を併せた多様な変異が存在し, 生食用ブドウにおいて著しかった(第5章). 用途別の γ 比では, 醸造用に1.00以下の変異が多いのに対し, 生食用では0.50以下から2.01以上まで幅広い変異が

認められた(第2章, 第5章).

農学的な意味として期待される γ 比の効果は, 第2章で述べたように, 生食用では γ 比が高くなるほど甘味アミノ酸の含有量が増して甘味が強くなることを示し, 醸造用では γ 比が低くなるほど酵母に代謝されやすいアミノ酸の含有量増大による醸造適性が向上することを意味する. γ 比は成熟期前後で安定しているが(第3章), 年次や地域による変動はやや大きい(第4章). しかし, α 比と同様に γ 比の分子と分母間の相関は高く, γ 比の変異には品種の差異による寄与率が高いと考えられ, 質的な形質として取り扱うことも可能である.

以上のことから, 育成地別および用途別に認められた γ 比の変異は品種の遺伝的な特性を表わすとみなすことができ, ブドウ育種において重視すべき選抜対象形質と考える. しかし, 育種の選抜における γ 比の適用は, 分析に時間とコストがかかるので, 慎重に行う必要がある. 初期世代では, 従来どおりに糖度と遊離酸含量の選抜に重点を置き, 後期世代の品質に関する最終的な評価の場面で適用すべきである. その際, 反復率が高い γ 比の評価データについては, 2~3年の短期の調査に対する信頼性が高いといえる.

摘 要

ブドウ果実の品質関連形質として、果汁中の化学成分である糖、有機酸およびアミノ酸を選定した。まず、糖、有機酸およびアミノ酸の変異を的確に評価できる指標を創設し、これらの指標について成熟段階と年次および地域の違いによる変動性を明らかにした。さらに、育成地別および用途別品種群の品質関連形質に関する比較を行った。得られた結果は、以下のように要約される。

1. 品質関連形質の評価指標

福岡県農業総合試験場園芸研究所が保存するブドウの遺伝資源259系統について、果実中の糖、有機酸およびアミノ酸を調査した結果、多様な系統間変異が認められた。

ブドウ果実中の主要糖はグルコースおよびフルクトースであり、糖組成の98%以上を占めたが、一部に組成比にして10~30%のスクロースを含有する高スクロース系統が認められた。有機酸では酒石酸とリンゴ酸が主要酸で有機酸組成の90%以上を占めたが、両者の比率および両者から解離する遊離酸含量に系統間差異が認められた。アミノ酸では、再現性のよい10種類を選定し、このうちAsp, Thr, Glu, Ala, Argが主要アミノ酸であり、特にAlaとArgについて系統間差異が顕著であった。

これらの品質関連形質に関する変異を適確に評価できる指標として、糖では糖度(%), 還元糖含量(g/100ml)および糖組成： α 比=グルコース/(フルクトース+スクロース), 有機酸では遊離酸含量

(g/100ml)および有機酸組成： β 比= 酒石酸/リンゴ酸，アミノ酸では全アミノ酸含量 (Asp, Thr, Ser, Glu, Ala, Val, Met, Ile, Leu, Argの合計値, mmol/100ml)およびアミノ酸組成： γ 比=
$$\frac{[\text{Thr}+\text{Ser}+\text{Ala}]}{([\text{Asp}+\text{Glu}]+[\text{Val}+\text{Met}+\text{Ile}+\text{Leu}+\text{Arg}])}$$
を設定した。

2. 品質関連形質の経時的変化

九州大学農学部附属農場が保存する品種のうち，生食用6品種について，成熟開始期から成熟期までの果実中の糖，有機酸およびアミノ酸の経時的変化を調査した。

糖度および還元糖含量は果実生長初期の急激な増加に続いて成熟に伴って増加し続け，成熟期前後では微量変動であった。 α 比では，全品種とも果実生長初期はグルコースが主体のため1よりも大きく，成熟に伴ってフルクトースが増加し，成熟期には1前後となったが，高スクロース系統では0.8以下で低かった。成熟期前後の α 比には急激な変動はなく，安定していた。

遊離酸含量は，果実生長初期に急激な減少に続いて減少し続け，成熟期前後ではほぼ安定した。また，遊離酸率(遊離酸/全酸含量)も成熟とともに減少したが，成熟期には0.5程度となって安定した。 β 比では，成熟開始期の主要酸がリンゴ酸であるため1以下であり，成熟に伴って酒石酸が増大し1以上となったが，リンゴ酸が減少しにくい品種も認められた。成熟期前後の β 比は変動しやすく，不安定であった。全アミノ酸含量は成熟開始期から成熟期まで増加し続け，成熟期前後で安定しなかった。

成熟開始期の主要アミノ酸はThr, Arg, Glu, Alaであり, 成熟に伴ってThrとArgは減少し, GluとAlaは増加した. Asp, Ser, Val, Met, Ile, Leuは微量成分であり, 変動は小さかった. γ 比は果実の全成熟過程を通じて大きな変動はなく, 成熟期前後でも安定であった.

3. 品質関連形質の環境変動

品質関連形質の環境変動性を明らかにするために, ブドウ数品種を用いて年次間および地域・年次間変異を調査した.

年次間変異では, 九州大学農学部附属農場で保存中の欧州産4, 北米産4および日本産4の計12品種を用いて1991年から1993年の3年間に互って糖度, 還元糖含量, α 比, 遊離酸含量, β 比, 全アミノ酸含量および γ 比の分散分析を行い, 全分散を品種間, 年次間および誤差に分割した. 糖度, 還元糖含量, 遊離酸含量, β 比および全アミノ酸含量では, 年次間および誤差分散が大きく, 環境変動が大きいのに対し, α 比および γ 比では品種による効果が大きく, 環境変動は小さかった.

地域・年次間変異では, 我が国における主要品種である‘巨峰’, ‘マスカットベリー-A’, ‘Campbell Early’, ‘ネオマスカット’の4品種を用いて, 1992年および1993年の2年間に互って8地域(九州大学農学部附属農場, 福岡県農業総合試験場, 佐賀県果樹試験場, 長崎県果樹試験場, 大分県農業技術センター, 果樹試験場安芸津支場〔広島〕, 岡山県農業試験場および島根県農業試験場)で採取された果実の品質関連形質を調査した.

全地域および年度のサンプルが得られなかったため、品種ごとに地域と年次のデータを込みにして平均値と変動係数を算出した。その結果、全評価指標において品種の効果は大きく、 α 比、糖度、還元糖含量の環境の違いによる変動係数は小さいのに対し、遊離酸含量、 β 比および γ 比の変動係数は大きい。

4. 育成地別および用途別品種群の品質関連形質に関する比較

九州大学農学部附属農場で保存されているブドウ遺伝資源について、欧州、北米および日本の3品種群の中から醸造用55および生食用148の計203品種の品質関連形質を調査した。

育成地別では α 比、 β 比、全アミノ酸含量および γ 比で、また、用途別では遊離酸含量、全アミノ酸含量および γ 比で有意な品種群間差異が認められ、糖度および還元糖含量については統計的に有意な差異ではなかった。 α 比では、醸造用および生食用品種のモードは1.01~1.20の級にあり、北米の生食用品種に1.00以下の変異が多く高スクロースの変異は0.80以下に認められた。

遊離酸含量のモードは、生食用品種は0.50g/100ml以下、醸造用品種は0.51~1.00gの級にあり、ほぼ0.5gを境にして生食用と醸造用品種群が分けられた。 β 比のモードは、醸造用品種は1.20以下、生食用品種は1.21~2.20の級にあったが、特に北米の生食用品種に2.21以上の変異が多く認められ、酒石酸の集積が顕著であった。

全アミノ酸含量では、欧州および北米群のモードは0.90mmol/100ml以下にあった。日本群のモードは0.91~1.80mmolの級に

あり，欧米と比較して有意に高かった． γ 比では，育成地および用途による差異が明確であった．欧州では，モードは生食用および醸造用品種とも0.51~1.00の級にあった．生食用品種が大半を占める北米では，モードは2.01以上であったが，醸造用品種では1.50以下であった．日本では，極めて多様な変異が認められ，欧州および北米の中間型が混在していた．

引用文献

- 兩宮 毅 (1988) ブドウの高品質系品種と品種構成. 果実日本 43:28-31.
- Allard, R. W. and A. D. Bradshaw (1964) Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 5: 503-508.
- Amerine, M. A. and G. Thoukis (1958) The glucose-fructose ratio of California grapes. *Vitis* 1: 224-229.
- Amerine, M. A., E. B. Roessler and C. S. Ough (1965) Acids and the acid taste. I. The effect of pH and titratable acidity. *Amer. J. Enol. Viticult.* 16: 29-37.
- Amerine, M. A., H. W. Berg, R. E. Kunkee, C. S. Ough, V. L. Singleton and A. D. Webb (1979a) The composition of grapes. *In: The Technology of Wine Making* 4th ed. pp. 77-139. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Amerine, M. A., H. W. Berg, R. E. Kunkee, C. S. Ough, V. L. Singleton and A. D. Webb (1979b) Chemistry of fermentation and composition of wines. *In: The Technology of Wine Making* 4th ed. pp. 186-245. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Amerine, M. A., H. W. Berg, R. E. Kunkee, C. S. Ough, V. L. Singleton and A. D. Webb (1979c) Evaluation of Wines and Brandies. *In: The Technology of Wine Making* 4th ed. pp. 666-714. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Bertrand, G. (1906) The determination of reducing sugars. *Bull. Assoc. Chim. Sucr. Dist.* 24: 1017-1030.
- Boulton, R. (1980) The relationships between total acidity, titratable acidity and pH in wine. *Amer. J. Enol. Viticult.* 31: 76-80.
- Caldwell, J. S. (1925) Some effects of seasonal conditions upon the chemical composition of American grape juices. *J. Agr. Res.* 30: 1133-1176.

- Carroll, D. E., M. W. Hoover and W. B. Nesbitt (1971) Sugar and organic acid concentrations in cultivars of muscadine grapes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 737-740.
- Castor, J. G. B. (1953) The free amino acids of must and wines. II. The fate of amino acids during alcoholic fermentation. *Food Res.* 18: 146-151.
- Coombe, B. G. (1992) Research on development and ripening of the grape berry. *Amer. J. Enol. Viticult.* 43: 101-110.
- Coombe, B. G. and P. R. Monk (1979) Proline and abscisic acid content of the juice of ripe Riesling grape berries: Effect of irrigation during harvest. *Amer. J. Enol. Viticult.* 39: 64-67.
- 大東 宏 (1979) 温州ミカン果実の成熟生理に関する研究. 京都大学学位論文. pp. 1-207.
- Davis, J. N. (1966) Occurrence of sucrose in the fruit of some species of *Lycopersicon*. *Nature* 209: 640-641.
- Drawert, F. and H. Steffan (1966) Biochemisch-physiologische Untersuchungen an Traubenbeeren. III. Stoffwechsel von zugeführten C¹⁴ Verbindungen und die Bedeutung des Säure-Zucker-Metabolismus für die Reifung von Traubenbeeren. *Vitis* 5: 377-384.
- 福家眞也 (1994) 味の分類. おいしさの科学, 山野善正・山口静子 (編). 朝倉書店. 東京. pp. 46-61.
- 古澤 淑・湯目英郎・河口将征・濱田 淳・大井一郎・塚本俊彦・東條一元・大川勝彦 (1992) ワイン原料ブドウの栽培. ワイン学. 産調出版. 東京. pp. 262-276.
- Firoozabady, E. and H. P. Olmo (1987) Heritability and correlation studies of certain quantitative traits in table grapes, *Vitis* spp. *Vitis* 26: 132-146.
- Furukawa, H., H. Saso, S. Maeda and T. Ninomiya (1969) The taste tests of organic acids. Part I Measurement of point of subjective equalities (P.S.E.) on sourness of nine organic acids permitted as food additives.

Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 16: 63-68.

Gallander, J. F. (1974) Chemistry of grape and other fruits as the raw materials involved in winemaking. *In: Chemistry of Winemaking.* pp. 11-49. American Chemical Society, Washington D. C.

原田 聡・福田至朗・田中宥司・石黒幸雄・佐藤隆英 (1993) トマトの sucrose含有形質とインベルターゼ遺伝子. *育雑.* 43(別2): 63.

平川信之・山田昌彦・山根弘康・佐藤明彦 (1993) ブドウ果実諸形質の狭義の遺伝率. *園学雑.* 62(別2): 112-113.

Hale, C. R. (1968) Growth and senescence of the grape berry. *Aust. J. Agric. Res.* 19: 939-945.

Hansche, P. E., C. O. Hesse and V. Beres (1972) Estimates of genetic and environmental effects on several traits in peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 76-79.

Hardy, P. J. (1968) Metabolism of sugars and organic acids in immature grape berries. *Plant Physiol.* 43: 224-228.

Hawker, J. S. (1969) Changes in the activities of malic enzyme, malate dehydrogenase, phosphopyruvate carboxylase and pyruvate decarboxylase during the development of a non-climacteric fruit (The grape). *Phytochemistry* 8: 19-23.

Hrazdina, G., G. F. Parsons and L. R. Mattick (1984) Physiological and biochemical events during development and maturation of grape berries. *Amer. J. Enol. Viticult.* 35: 220-227.

Huang, Z. and C. S. Ough (1989) Effect of vineyard locations, varieties, and rootstocks on the juice amino acid composition of several cultivars. *Amer. J. Enol. Viticult.* 40: 135-139.

Huang, Z. and C. S. Ough (1991) Amino acid profiles of commercial grape juices and wines. *Amer. J. Enol. Viticult.* 42: 261-267.

飯野久栄・小曾戸和夫 (1971) 温州ミカンの産地および出荷時期別形質 (第

- 2報) 全糖と遊離酸について. 農水省食研報. 27: 174-182.
- 伊藤三郎 (1991) 果実の栄養特性. 伊藤三郎 (編) 果実の化学, 朝倉書店. 東京. pp. 47-93.
- 稲葉昭次・山本 努・伊藤卓爾・中村怜之輔 (1980) トマトの樹上成熟果実及び追熟果実の成熟様相と食味の比較. 園学雑. 49 (1): 132-138.
- IBPGR (1983a) Sugar content of must. p. 79. *In: Descriptors for Grape.* IBPGR, Rome.
- IBPGR (1983b) Total acid content of must. p. 80. *In: Descriptors for Grape.* IBPGR, Rome.
- Iland, P. G. and B. G. Coombe (1988) Malate, tartrate, potassium, and sodium in flesh and skin of shiraz grapes during ripening: Concentration and compartmentation. *Amer. J. Enol. Viticult.* 39(1): 71-76.
- Jones, M. and J. S. Pierce (1964) Absorption of amino acids from wort by yeasts. *J. Inst. Brew.* 70: 307-315.
- 果樹統計 (1994) ぶどう 日本園芸農業協同組合連合会. 東京.
- 国際農林水産統計 (1994) 農作物生産 ぶどう. 農林統計協会.
- 梶浦一郎・山木昭平・大村三男・秋浜友也・町田 裕 (1979) 東アジア産ナシ類の果実中に含まれる糖成分の歴史的变化と糖組成についての主成分分析による品種分類. 育雑. 29: 1-12.
- 栗原昭夫・岸 光夫・山根弘康・永田賢嗣 (1976a) ソ連より導入したブドウ品種に関する調査. 果樹試安芸津年報. 1: 1-10.
- 栗原昭夫・岸 光夫・山根弘康・永田賢嗣 (1976b) ブドウ導入品種の特性に関する調査. 果樹試安芸津年報. 4: 4-10.
- Kader, A. A., M. A. Stevens, M. Albright and L. L. Morris (1978) Amino acid composition and flavor of flesh market tomatoes as influenced by fruit ripeness when harvested. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 541-544.
- Kirimura, J., A. Shimizu, A. Kimizuka, T. Ninomiya and N. Katsuya (1969) The contribution of peptides and amino acids to the taste of foodstuffs.

- J. Agr. Food Chem.* 17: 689-695.
- Kliewer, W. M. (1964) Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in *Vitis vinifera*. I. Temperature. *Plant Physiol.* 39: 869-880.
- Kliewer, W. M. (1965a) Changes in the concentration of malate, tartrate, and total free acids in flowers and berries of *Vitis vinifera*. *Amer. J. Enol. Viticult.* 16: 92-100.
- Kliewer, W. M. (1965b) Changes of concentration of glucose, fructose and total soluble solids in flowers and berries of *Vitis vinifera*. *Amer. J. Enol. Viticult.* 16: 101-110.
- Kliewer, W. M. (1966) Sugar and organic acids of *Vitis vinifera*. *Plant Physiol.* 41: 923-931.
- Kliewer, W. M. (1967) The glucose-fructose ratio of *Vitis vinifera* grapes. *Amer. J. Enol. Viticult.* 18: 33-41.
- Kliewer, W. M. (1968) Changes in the concentration of free amino acids in grape berries during maturation. *Amer. J. Enol. Viticult.* 19: 166-174.
- Kliewer, W. M. (1969) Free amino acids and other nitrogenous substances of table grape varieties. *J. Food Sci.* 34: 274-278.
- Kliewer, W. M. (1970) Free amino acids and other nitrogenous fractions in wine grapes. *J. Food Sci.* 35: 17-21.
- Kliewer, W. M. (1971) Effect of day temperature and light intensity on concentration of malic and tartaric acids in *Vitis vinifera* L. grapes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 372-377.
- Kliewer, W. M. and C. S. Ough (1970) The effect of leaf area and crop level on the concentration of amino acids and total nitrogen in Thompson Seedless grapes. *Vitis* 9: 196-206.
- Kliewer, W. M., L. Howarth and M. Omori (1967) Concentrations of tartaric acid and malic acids and their salts in *Vitis vinifera* grapes. *Amer. J.*

- Enol. Viticult.* 18: 42-54.
- Kluba, R. M., L. R. Mattick and L. R. Hackler (1978) Changes in the free and total amino acid composition of several *Vitis labruscana* grape varieties during maturation. *Amer. J. Enol. Viticult.* 29: 102-111.
- Kozuma P. (1970) : 籾 栄美子 (訳) 第2章 ブドウ科植物の植物学的記載. ブドウ栽培の基礎理論. 誠文堂新光社. 東京. pp. 12-58.
- Lafon-Lafourcade, S. and G. Guimberteau (1962) Evolution des amino-acides au cours de la maturation des raisins. *Vitis* 3: 130-135.
- Lott, R. V. and H. C. Barrett (1967) The dextrose, levulose, sucrose, and acid content of the juice from 39 grape clones. *Vitis* 6: 257-268.
- Louis, B. R. (1955) The chemistry of plants. pp. 557-615. *In: Handbook of Food and Agriculture.* Reinhold Publishing Corporation, New York.
- 町田 裕・小崎 格 (1975) ニホンナシ育種における果実品質の数量的研究 (第1報) 既存品種集団の統計的考察. 園学雑. 44: 235-240.
- 松井弘之・湯田英二・中川昌一 (1979) ブドウ 'デラウエア' 果実の成熟生理に関する研究 (第1報) 果粒中の糖蓄積に及ぼす新梢上の葉数及び果粒中の多糖類, 有機酸の変化. 園学雑. 48: 9-18.
- 松井弘之・湯田英二・今井克太・中川昌一 (1985) ブドウ 'デラウエア' における光合成産物の転流と分配. 園学雑 54: 184-191.
- 松本明芳 (1985) カンキツの品質要因, 主として有機酸の消長に関する研究. 九州大学学位論文. pp. 1-238.
- 望月龍也・石内伝次・伊藤喜三男・渡部一夫・上村昭二 (1986) トマト近縁野生種の糖・有機酸及びビタミンC含量. 園学雑. 55(別1): 188-189.
- 望月龍也・武田元吉 (1987) 第9章 品質・成分の改良. 新しい植物育種技術, バイオテクノロジーの基礎として, 中島哲夫 (監). 養賢堂. 東京. pp. 405-462.
- Marcy, J. E., D. E. Carroll and C. T. Young (1981) Changes in free amino acid

- and total nitrogen concentrations during maturation of muscadine grapes (*V. rotundifolia*). *J. Food Sci.* 46: 543-547.
- Moriguchi, T., Y. Ishizawa and T. Sanada (1990) Differences in sugar composition in *Prunus persica* fruit and the classification by the principal component analysis. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 59: 307-312.
- Münz, T. (1963) Die Kalium-Pufferung im Most und Wein. *Wein-Wissen.* 18: 496-502.
- 中川昌一・南条嘉泰 (1960) ブドウ・デラウエアの果粒の組織学的研究. 園学雑 34: 85-95.
- 中川昌一・山田省吾・湯田英二・堀内昭作・松井弘之 (1980) 本邦産野性ブドウの分布とその特性に関する調査. 園学雑. 49 (別 1): 116-117.
- 中西載慶・横塚弘毅 (1990) ワイン中のインベルターゼ活性とその性質. 山梨発酵研報: 25: 5-14.
- 能塚一徳・白石眞一 (1981) 施設ブドウ育種に関する基礎的研究 (第 2 報) 成熟過程における果実糖分別定量分析調査. 福岡県園試報. 19: 21-28.
- 能塚一徳・白石眞一・山根弘康 (1984a) 施設ブドウ育種に関する基礎的研究 (第 3 報) ブドウ果実中の遊離アミノ酸量の品種間差. 福岡農総試研報 B-3: 1-6.
- 能塚一徳・白石眞一・角利昭・山根弘康 (1984b) 施設ブドウ育種に関する基礎的研究 (第 4 報) ブドウ果実中の遊離アミノ産量の時期的変化. 福岡福岡農総試研報. B-4: 1-6.
- 大塚謙一 (1989) 果実酒. 醸造学, 大塚謙一 (編). 養賢堂. 東京. pp. 117-148.
- 岡彦一 (1967) 作物品種の季節適応性, 地域適応性及び収量安定性, その機構と選抜. 育種学最近の進歩 8: 42-47.
- 奥野員敏 (1990) 加工適性からみた米の多様性と水稻育種. 農業および園芸 65: 91-98.

- 小原正美 (1983) 第4章 天然食品の特殊呈味成分. 食品の味. 光琳全書.
東京. pp. 56-142.
- 大山暁男・伊藤英和・佐藤隆徳・西村繁夫・今井 剛・平井正志 (1993)
アンチセンス酸性インベルターゼ遺伝子の導入によるトマト果実糖組成の改
変. 育雑. 43 (別2): 25.
- O.I.V. (1993) Acidité totale. In: Recueil des methodes internationales d'analyse
des vins et des moûts. pp. 155-156. O.I.V., Paris.
- Ough, C. S. (1968) Proline content of grapes and wines. *Vitis* 7: 321-331.
- Ough, C. S. and M. A. Amerine (1966) Fermentation rates of grapevine. IV.
Compositional changes affecting prediction equations. *Amer. J. Enol.
Viticult.* 17: 163-173.
- Ough, C. S. and A. A. Bell (1980) Effect of nitrogen fertilization of grapevi nes
on amino acid metabolism and high-alcohol formation during grape juice fer-
mentation. *Amer. J. Enol. Viticult.* 31: 122-123.
- Peynaud, E. and P. Ribéreau-Gayon (1971) The grape. In: The Biochemistry of
Fruits and Their Products (Vol. 2), pp. 171-205. Academic Press, London
and New York.
- Philip, T and F. E. Kuykendall (1973) A procedure for quantitative estimation
of malic and tartaric acids of grape juice. *J. Food Sci.* 38: 18-20.
- Ribéreau-Gayon (1968) Étude des mecanismes de synthese et de transformation
de l'acide malique, de l'acide tartrique et de l'acide citrique chez *Vitis vinifera*
L. *Phytochem.* 7: 1471-1482.
- Rice, A. C. (1974) Chemistry of winemaking from native American grape vari-
eties. In: Chemistry of Winemaking. pp. 88-115. American Chemical
Society, Washington D. C.
- Robert, A. P., L. R. Mattick and La Verne D. Weirs (1980) An acidity index
for the taste of wines. *Amer. J. Enol. Viticult.* 31: 265-268.
- Ruffner, H. P. (1982a) Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis* :

- A review-Part A. *Vitis* 21: 247-259.
- Ruffner, H. P. (1982b) Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis*:
A review-Part B. *Vitis* 21: 346-358.
- 佐藤明彦・山田昌彦・山根弘康・平川信之 (1992) ブドウ交雑実生調査における果実形質の反復率と年次変動の特徴. 園学雑. 61 (別1): 110-111.
- 清家金嗣 (1975) ニホンナシの環境適応性の評価に関する研究. 果樹試報. A 2:1-17.
- 白石眞一 (1980) 施設ブドウ育種に関する基礎的研究 (第1報). 成熟過程における果実有機酸の分析調査. 福岡園試報. 18: 9-17.
- Saito, K. and Z. Kasai (1968) Accumulation of tartaric acid in the ripening process of grapes. *Plant & Cell Physiol.* 9: 529-537.
- Shaw, D. V., R. S. Bringhurst 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
- Shiraishi, S., T. Sumi and K. Notsuka (1986) Changes in the chemical constituents of three table grape varieties (*Vitis vinifera* L. × *V. labrusca* L.) during maturation in Japan. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 55: 15-21.
- Stevens, M. A., A. A. Kader and M. Albright (1979) Potential for increasing tomato flavor via increased sugar and acid content. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 40-42.
- 武田元吉 (1983) ビールオオムギの品質育種. 作物育種の理論と方法, 村上寛一 (監). 養賢堂. 東京. pp. 136-139.
- Winkler, A. J. (1932) Maturity tests for table grapes. *California Agr. Exp. Sta. Bull.* 529:1-35.
- Winkler, A. J., J. W. Cook, W. M. Kliewer and L. A. Linder (1974a) Development and composition of grapes. *In: General Viticulture.* pp. 138-196. University of California Press.
- Winkler, A. J., J. W. Cook, W. M. Kliewer and L. A. Linder (1974b) Harvesting wine grapes. *In: General Viticulture.* pp. 575-592. University of Cali-

fornia Press.

山川祥秀 (1983a) 白ワイン用原料ブドウ 'リースリング', 'シャルドンネ', '甲州', 'リースリング・リヨン' の品種特性について. 園学雑. 51: 475-484.

山川祥秀 (1983b) 赤ワイン用原料ブドウ 'カベルネ・ソービニオン', 'ピノ・ノワール', 'マスカット・ベリーA', 'カベルネ・サントリー' の品種特性について. 園学雑. 52: 7-15.

山川祥秀 (1983c) 白ワイン用原料ブドウ 'セミヨン', 'シルバーナー', 'サントリー・ブラン' の品種特性について. 園学雑. 52: 145-152.

山川祥秀 (1985) ワイン用原料ブドウ 'セイベル9110', 'セイベル13053', 'セイベル8745' の品種特性について. 園学雑. 53: 396-404.

山梨県果樹試験場 (1993) 種苗特性分類調査報告書 (ブドウ). pp. 1-75.

山根弘康・栗原昭夫・角利昭・平林利郎・山田昌彦 (1985) ブドウ, カキの育種. 果樹試安芸津年報. 13: 1-3.

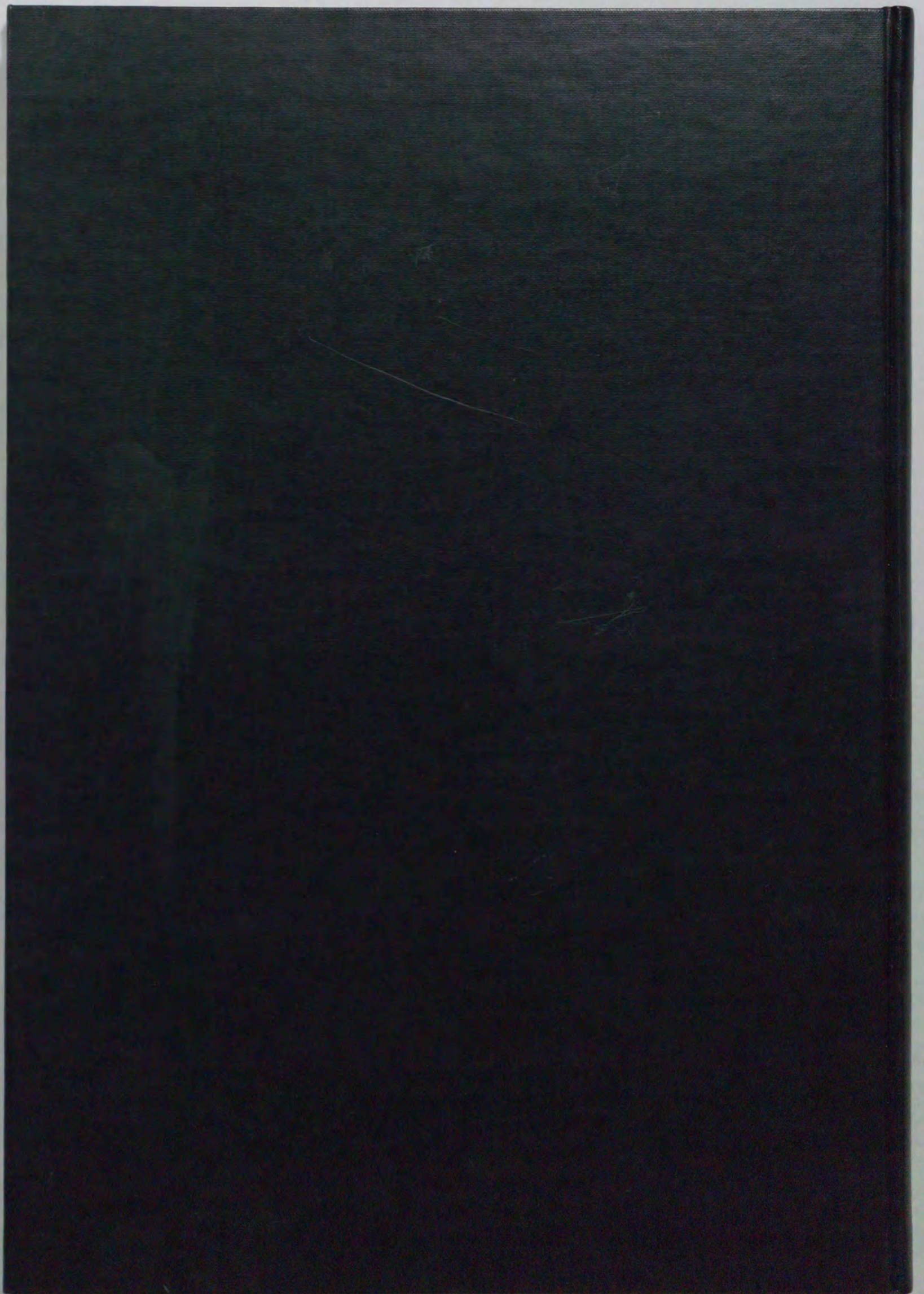
山田昌彦 (1985) カキの交雑育種法に関する研究 - とくに pollination constant の甘ガキの育種について -, 京都大学学位論文. pp. 1-92.

謝 辞

本研究を行うに当たり、終始懇篤な御指導と御助言を賜わった九州大学教授小西猛朗博士に対して、深甚の謝意を表す。また、本論文を取りまとめるに当たり、有益な御助言と御教示を賜りました九州大学教授箴島豊博士、同教授松尾英輔博士、同教授土井良宏博士、同教授白石眞一博士に対して謹んで感謝の意を表す。

さらに、本研究の遂行に当たり、貴重な果実試料の提供を賜りました福岡県農業総合試験場、佐賀県果樹試験場、長崎県果樹試験場、大分県農業技術センター、果樹試験場安芸津支場、岡山県農業試験場、島根県農業試験場の職員並びに研修生各位に対して心から感謝の意を表す。

最後に、本論文を完成するに当たり、御協力と御支援を下さいました九州大学農学部附属農場果樹生産学講座の皆様に謝意を表す。



inches 1 2 3 4 5 6 7 8
cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

A 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19

