

# イチゴにおける果実中の糖および有機酸の組成別含量の品種間差異および遺伝力<sup>†</sup>

曾根一純\*・望月龍也\*\*・野口裕司\*\*\*

(平成13年12月26日受理)

## Varietal Differences and Heritability of Sugar and Organic Acid Contents and Composition in Strawberry Fruit.<sup>†</sup>

Kazuyoshi SONE, Tatsuya MOCHIZUKI and Yuji NOGUCHI

### Synopsis

Large variations were observed in the sugar content and composition among 165 strawberry cultivars. Average value of the sucrose/total sugar content of the Japanese cultivars was higher than that of foreign cultivars. Japanese cultivars bred after 1981 showed a higher sucrose content than those bred before 1980.

Japanese cultivars showed a lower organic acid content than the foreign cultivars. Average value of the Mal ratio (malic acid/organic acid content) was not appreciably different between the Japanese and foreign cultivars.

In the principal component analysis, the 1st principal component was correlated with the sucrose content, while the 2nd with the glucose and fructose content and the 3rd with the Mal ratio. In the scatter diagram of the 1st and 2nd principal components, almost all of the Japanese cultivars were distributed in the 1st to 4th quadrants, and the foreign cultivars in the 2nd to 3rd ones. Distribution areas of the Japanese cultivars bred before 1980 and after 1981 were somewhat different.

Broad-sense heritability was high in the ratio of the individual components to the total content of sugars or organic acids. It is estimated that selection for the sugar and organic acid composition is effective even at the early stage of breeding programs.

**Key Words:** Strawberry, Sugar, Organic acid, Principal component analysis, Broad-sense heritability

## I 緒 言

イチゴの食味には、糖・有機酸含量およびその比率が関係していることが知られている(飯野ら, 1982; 門馬ら, 1987)。近年の我が国のイチゴ育種においては食味を重視した品種改良が行われ、著しい向上が図られている。これからの品質・成分育種においては、香気成分の解析

に基づく好ましい香りの把握、新しい香気成分の導入改変による新規需要の開発、果実の物理性の改善による輸送性・日持ち性の強化、ビタミンC含量やポリフェノールに代表される機能性成分の強化等(望月, 1995)とともに、糖・有機酸の組成とそれらの時期的安定性に着目した食味の改良が必要と考えられる。荻原ら(1998a)は、糖酸比が同じであってもその構成成分の含量・組成の違いが食味に影響する可能性を指摘している。したがっ

〒839-8503 福岡県久留米市御井町 1823

\* 九州沖縄農業研究センター 野菜花き研究部

\*\* 九州沖縄農業研究センター 企画調整部

\*\*\* 北海道農業研究センター 作物開発部

† 本報告の一部は平成9年度、平成10年度および平成11年度園芸学会春季大会で発表した。

て、イチゴ果実の糖・有機酸の含量・組成の遺伝的変異、これらの収穫時期および年次間の安定性、さらに糖・有機酸の含量・組成と食味との関係を明らかにし、食味の優れた品種を育成するための育種素材を見出していくことは、今後の品質育種における重要な課題である。これまでも、品種、作型、収穫時期による糖度・酸度の差異を検討した報告（藤野ら、1987；門馬ら、1987；森下ら、1991）はあるが、糖および有機酸の組成別含量について品種間差異やそれらの相互関係については未だ十分に研究されていない。

そこで本研究では、イチゴの品質育種のための基礎的資料を得るため、糖および有機酸の組成別含量の品種間、育成地および育成年代による差異を解析するとともに、糖および有機酸の組成間の相関関係と各組成の広義の遺伝力について検討した。

本研究の遂行にあたり、実験材料の栽培管理と調査にご協力いただいた野菜・茶業試験場久留米支場（現九州沖縄農業研究センター野菜花き研究部）養成研修生諸君に感謝する。

## II 材料および方法

### 1. 試験Ⅰ：糖および有機酸の組成別含量の品種間差異

野菜・茶業試験場久留米支場においてイチゴ遺伝資源として保存している、日本国内で育成された84品種・系統（以下‘日本品種’）と外国より導入した81品種・系統（以下‘外国品種’）を供試した。ランナー苗は小型育苗ポット（アイポット）で育苗し、1995年9月28日に各品種・系統2~4株を促成栽培用ハウスおよび露地に定植した。元肥としてN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oを各8kg/10a施用した。促成栽培では、10月21日にビニル被覆を行った。その他の栽培管理は慣行に準じて行った。

分析用試料として、促成栽培では1月30日および3月22日、また露地栽培では5月23日にそれぞれ完熟果実を収穫し、直ちに-30℃条件下で冷凍保存した。分析は冷凍果実を随時取り出して行い、分析果実数は各品種・系統とも収穫期当たり5果以上とした。

糖組成については、果重の100倍量の50%エタノール水溶液で果実をホモジネートした後、遠心・濾過し、HPLC（カラム：Shim-Pack, SCR-101C, 移動相：水、示差屈折計）によりスクロース（Suc）、グルコース（Glu）およびフルクトース（Fru）を分析した。

有機酸組成については、果重の20倍量のイオン交換水で果実をホモジネートした後、遠心・濾過し、HPLC

（カラム：Shim-Pack, SCR-102H, 移動相：5mM ρ-トルエンスルホン酸水溶液、緩衝液：5mM ρ-トルエンスルホン酸水溶液、100 μM EDTA, 20mM Bis-tris 水溶液、電気伝導度検出器）によりクエン酸（Cit）およびリンゴ酸（Mal）を分析した。

供試した165品種・系統を対象に、糖および有機酸の組成別含量に関する主成分分析（EXCEL 統計2000, 社会情報サービス社）を行った。また、日本品種については、現在の主力品種である‘とよのか’および‘女峰’が種苗登録された1981年以前に育成された品種・系統とそれ以降に育成された品種・系統に2分し、両集団間の糖および有機酸の組成別含量を比較した。

### 2. 試験Ⅱ：糖および有機酸の遺伝力

糖の組成別含量については日本品種46品種・系統と外国品種39品種・系統、また有機酸の組成別含量については日本品種36品種・系統と外国品種40品種・系統を供試した。なお、これらの品種・系統は試験Ⅰの結果に基づき、糖および有機酸の組成別含量の分布範囲および育成年代、育成地、季性に配慮して選定した。品種・系統当たり2~4株ずつ小型育苗ポットで育苗し、促成栽培と露地栽培を行った。促成栽培は1996年10月7日に定植し、10月21日にビニル被覆を行った。また、露地栽培は10月18日に定植した。その他の栽培管理は慣行に準じて行った。分析試料のサンプリングは1月10日、1月25日、2月1日、2月20日、3月5日、3月22日（以上促成栽培）および5月21日（露地栽培）の合計7回行い、完熟果実を-30℃冷凍庫で保存し、適宜取り出して分析に供した。糖および有機酸の組成別含量の分析は、試験Ⅰに準じて行った。

全7回のうち4回以上で収穫調査ができた42品種・系統について、糖および有機酸の各組成に関する広義の遺伝力（h<sup>2</sup>）を次式により求めた。

$$h^2 = Vg / (Vg + Ve)$$

ただし、Vg は各組成含量の分散

Ve は収穫期間の分散

## III 結果および考察

### 1. Suc, Glu, Fru 含量の品種間差異

1995年作における日本品種の育成年次別の糖組成別含量をTable 1に、外国品種の育成地別の糖組成別含量をTable 2に示す。また、日本品種と外国品種間の差異をTable 3に、日本品種における育成年次間の差異を

Table 4 に示す。

Suc 含量は、日本品種が外国品種より有意に高かった。また、日本品種のうち 1981 年以降に育成された品種はそれ以前の品種に比べて Suc 含量が有意に高かった。Glu および Fru 含量については、日本品種と外国品種間、また育成年代間で差異は認められなかった。

供試した品種・系統の全糖含量 (Suc + Fru + Glu) は新鮮重 1g 当たり 21.5~96.6mg の範囲に分布し、平均含量は 48.8mg であった。日本品種と外国品種の各品種群内変異には大きな差異はなかったが、日本品種の全糖含量は、外国品種と比べ有意に高かった。なお、日本品種においては、1981 年以前に育成された品種・系統とそれ以降に育成された品種・系統の間で全糖含量に差異が認められなかった。全糖含量の高い品種には '讚麗'、'Vola'、'Donner'、'アロマ' などが、また、糖酸比が高い品種には 'Donner'、'てるのか'、'アロマ' などが認められた。

田中ら (1954) は 30 品種の全糖含量を調査し、3.19~6.56% の範囲に分布し、その平均は 4.65% であったと報告している。また、荻原ら (1998b) は供試した 41 品種の頂果房の果実の全糖含量は 3.16%~7.96% の範囲に分布し、平均含量は 5.86% であったと報告している。これらの報告と比較して、本研究における全糖含量の変異幅はやや広がった。これは材料に近年育成された全糖含量が高い日本品種と全糖含量が低い外国品種が含まれること、さらに作型や栽培管理の違い等が原因と考えられる。

供試品種・系統の全糖含量に占める Suc 含量の割合 (Suc 比率) は 7.7~58.8% に分布した。日本品種は外国品種より、また 1981 年以降に育成された品種・系統はそれ以前の品種・系統よりも有意に高かった。Suc 比率が高い品種には '静宝'、'大村朱'、'サマーベリー' などがあった。

供試品種・系統の全糖含量に占める Glu 含量の割合 (Glu 比率) は 17.7~41.5% の範囲にあり、日本品種は外国品種より、また 1981 年以降に育成された品種はそれ以前の品種よりも有意に低かった。Glu 比率が高い品種には、'興津 16 号'、'Regina'、'Siletz' などがあった。

また、供試品種・系統の全糖含量に占める Fru 含量の割合 (Fru 比率) は 23.1~57.4% の範囲にあり、日本品種は外国品種より、また 1981 年以降に育成された品種は、それ以前の品種よりも有意に低かった。Fru 比率が高い品種には、'Talisman'、'Addie'、'America' などがあった。

日本品種および 1981 年以降に育成された品種において Glu および Fru の各比率が有意に低かったのは、Glu 含量と Fru 含量での日本品種と外国品種の間、また育成年代の間に差異がみられなかったのに対し、Suc 含量は日本品種が外国品種よりも、また 1981 年に育成された品種はそれ以前に育成された品種よりも有意に高かったためと考えられる。

本研究の結果は、'とよのか' では Suc, Glu および Fru の各成分が、それぞれ約 30% ずつ含まれるとした三浦ら (1988) の結果と良く一致した。また、荻原ら (1998a) の研究結果と比較可能な 19 品種について、全糖含量は両者の間で概ねよく一致したが、'とよのか' については、Suc 比率が 6% 程度とした荻原ら (1998a) の結果と異なった。糖の蓄積パターンは品種あるいは、着色様式の違いによっても異なり (荻原ら, 1998b, c), また Suc 含量は熟度による変動が大きい (吉田ら, 1992; 荻原ら, 1998b) ことから、収穫時の熟度の違いが糖組成に影響した可能性も考えられる。佐藤ら (1986) は果皮色と糖度 (Brix), 酸度および糖酸比との間の相関には品種間差異があり、着色状況と果実内部の成熟との間には一定の関係がないとしている。糖組成に対する収穫熟度の影響を回避するためには、果皮色による熟度判断では不十分であり、森下ら (1985) が示した開花から完全着色期までの有効積算温度を品種ごとに求めて、収穫時期の特定に活用することが有効であろう。なお、収穫時の熟度の違いによる糖含量の変動が大きい品種は、環境要因や株の栄養状態等の影響を受けやすい可能性があり、その変動要因を究明することは、より糖含量の安定した品種の育成に役立つものと考えられる。

## 2. Cit および Mal 含量の品種間差異

1995 年作における供試品種ごとの有機酸組成別含量を Table 1 および Table 2 に、日本品種と外国品種間の差異を Table 3 に、日本品種における育成年次間の差異を Table 4 に示す。

供試した品種・系統の全酸含量 (Cit+Mal) は新鮮重 1g 当たり 5.3~18.7mg の範囲にあり、平均全酸含量は 10.7mg であった。外国品種は日本品種に比べ全酸含量および Mal 含量が有意に高かった。一方、日本品種のうち 1981 年以前とそれ以降に育成された品種の間には有意な差異は認められなかった。全酸含量の高い品種には 'Marie France'、'Guardzman'、'Holiday' などが、低い品種には 'Aliso'、'Arapahoe'、'てるのか' などがあった。

Table 1 Mean value of contents and components of sugars and organic acids in Japanese strawberry cultivars in 1995.

No.	Cultivar or strain	Suc <sup>z</sup>	Glu <sup>z</sup>	Fru <sup>z</sup>	Cit <sup>z</sup>	Mal <sup>z</sup>	Sugar content <sup>y</sup>	Organic acid content <sup>x</sup>	Sugar-acid ratio	Year of release <sup>w</sup>
1	Hotta Wonder	13.1	12.9	16.0	11.0	1.7	42.0	12.7	3.3	1
2	Harunoka	14.9	13.6	17.3	9.4	1.9	45.9	11.3	4.1	1
3	Akashi	8.1	19.6	21.6	8.0	1.2	49.3	9.1	5.4	1
4	Fujisaki	15.4	19.8	21.6	9.8	1.6	56.7	11.3	5.0	1
5	Kagayaki	7.7	12.4	14.7	8.0	2.3	34.8	10.3	3.4	1
6	Yamagata No.1	17.2	14.5	18.2	9.7	1.3	49.8	11.0	4.5	1
7	Yamagata No.2	8.0	17.1	19.7	7.2	1.2	44.8	8.4	5.3	1
8	Kurume No.103	25.4	12.3	15.2	10.3	1.9	52.9	12.2	4.3	1
9	Yamato	12.7	26.6	29.2	8.3	1.4	68.5	9.7	7.1	1
10	Yuhime	14.2	13.5	15.7	7.4	1.9	43.5	9.2	4.7	1
11	Kurume No.51	13.8	14.1	17.0	5.1	1.9	44.8	7.0	6.4	1
12	Kouko	6.2	16.0	19.0	6.8	3.0	41.2	9.8	4.2	1
13	Hyougosikinari	15.8	12.6	14.9	6.6	2.0	43.2	13.5	3.2	1
14	Morioka No.26	24.3	12.0	14.3	8.8	1.3	50.6	10.0	5.0	1
15	Meiho	24.9	14.7	17.4	6.2	1.2	57.0	7.4	7.7	1
16	Ohmura aka	27.1	8.4	11.7	10.0	2.5	47.2	12.5	3.8	1
17	Hokowase	18.9	17.9	21.7	6.3	1.8	58.5	8.2	7.2	1
18	Himiko	24.7	12.6	16.6	6.7	2.5	53.9	9.2	5.9	1
19	Himesodachi	17.4	14.1	18.7	7.0	1.5	50.2	8.5	5.9	1
20	New Donner	10.1	17.7	22.5	9.0	0.9	50.4	9.9	5.1	1
21	Koufuku	10.8	17.3	20.9	9.5	3.1	48.9	12.7	3.9	1
22	Terunoka	30.9	15.9	19.8	3.8	3.2	66.6	7.0	9.5	1
23	Haruyoi	26.2	19.5	22.1	6.5	2.5	67.8	9.1	7.5	1
24	Miyazaki	5.0	14.1	18.2	11.3	0.6	37.2	11.8	3.1	1
25	Kogyoku	10.8	14.6	17.0	9.8	1.7	42.4	11.6	3.7	1
26	Kouro	14.6	20.0	23.9	9.1	1.9	58.4	11.0	5.3	1
27	Benifuji	16.7	19.4	23.1	10.9	1.9	59.2	12.8	4.6	1
28	Syuuka	16.8	19.1	22.5	8.1	2.0	58.5	10.1	5.8	1
29	Takane	17.3	12.5	15.0	9.2	1.3	44.7	10.5	4.3	1
30	Hogyoku	29.5	13.6	17.8	6.9	3.0	60.9	9.9	6.1	1
31	Sizubeni	19.5	14.0	17.5	9.7	2.5	51.0	12.2	4.2	1
32	Sokusei No.3	21.2	11.2	15.1	8.8	1.6	47.5	10.4	4.6	1
33	Okitsu No.6	25.1	12.1	16.4	8.8	1.9	53.7	10.7	5.0	1
34	Okitsu No.16	8.3	25.2	27.2	7.6	1.1	60.8	8.7	7.0	1
35	Tohoku No.18	11.0	21.9	24.7	7.6	1.3	57.6	8.9	6.5	1
36	Kurume No.2	19.7	14.1	16.9	10.5	1.7	50.7	12.2	4.1	1
37	Kurume No.3	10.4	13.1	16.6	6.8	2.8	40.0	9.6	4.2	1
38	Kurume No.8	13.8	20.9	24.1	9.7	1.9	58.7	11.6	5.1	1
39	Kurume No.10	12.6	13.2	16.9	7.7	2.6	42.8	10.3	4.2	1
40	Kurume No.12	15.7	14.2	17.2	8.8	2.8	47.1	11.6	4.1	1
41	Kurume No.16	21.5	22.0	23.1	8.4	1.8	66.6	10.2	6.5	1
42	Kurume No.17	10.6	19.1	20.9	6.8	1.1	50.6	7.9	6.4	1
43	Kurume No.19	8.4	17.2	19.8	8.2	1.9	45.3	10.1	4.5	1
44	Benizuru	18.9	19.2	21.0	11.1	1.9	59.1	13.1	4.5	1
45	Kurume No.29	15.2	14.5	16.6	11.7	2.2	46.3	13.9	3.3	1
46	Kurume No.34	24.5	16.1	19.1	8.6	3.0	59.7	11.5	5.2	1
47	Kurume No.35	13.3	16.2	19.3	8.0	2.3	48.8	10.3	4.7	1
48	Kurume No.38	10.9	12.6	16.3	6.0	1.6	39.8	7.6	5.2	1

No.	Cultivar or strain	Suc <sup>z</sup>	Glu <sup>z</sup>	Fru <sup>z</sup>	Cit <sup>z</sup>	Mal <sup>z</sup>	Sugar content <sup>y</sup>	Organic acid content <sup>x</sup>	Sugar-acid ratio	Year of release <sup>w</sup>
49	Suruga ace	24.9	23.5	24.8	7.9	1.3	73.2	9.2	8.0	1
50	Kouki	5.9	11.4	15.7	10.5	0.9	33.0	11.3	2.9	1
51	Benihime	12.1	20.9	23.8	8.7	1.2	56.9	9.8	5.8	1
52	Benisuzume	19.4	15.6	17.9	10.9	2.0	52.9	12.9	4.1	1
53	Aroma	39.0	22.4	24.0	5.8	2.7	85.4	8.5	10.0	2
54	Kurume No.48	25.0	23.1	24.8	6.6	1.6	72.9	8.1	9.0	2
55	Sachinoka	18.2	17.8	20.9	8.4	2.1	56.8	10.5	5.4	2
56	Kantoushu	21.0	16.4	18.9	8.4	1.2	56.3	9.6	5.8	2
57	655	22.9	22.6	25.7	10.5	2.4	71.2	12.9	5.5	2
58	Beniyutaka	25.6	11.2	13.4	7.4	3.0	50.3	10.3	4.9	2
59	Kunowase	20.6	20.0	23.3	11.2	2.1	64.0	13.4	4.8	2
60	Akaneko	9.9	10.0	12.1	9.9	3.1	32.0	13.0	2.5	2
61	Kurume No.53	25.8	9.5	11.9	10.1	2.5	47.3	12.6	3.7	2
62	Himaturi	13.6	20.0	22.8	8.6	2.4	56.4	11.1	5.1	2
63	Akashanomitsuko	25.2	14.1	17.1	7.3	1.6	56.4	8.9	6.3	2
64	Red pearl	24.0	27.0	29.5	7.2	1.9	80.6	9.1	8.8	2
65	Reiko	25.2	9.3	12.0	7.4	3.5	46.5	11.0	4.2	2
66	Hatsukuni	13.6	16.6	20.1	7.1	1.3	50.3	8.5	5.9	2
67	Hayazaki	27.2	9.9	12.5	8.8	2.9	49.5	11.7	4.2	2
68	Nagasaki queen	17.6	17.4	21.2	10.3	2.0	56.2	12.3	4.6	2
69	Benihoman	6.6	9.1	12.4	9.3	2.4	28.1	11.7	2.4	2
70	Toyonoka	24.0	24.5	26.6	9.4	2.2	81.0	11.6	7.0	2
71	Nyoho	21.8	18.6	21.4	7.8	1.5	65.0	9.3	7.0	2
72	Ai-berry	11.5	11.9	16.8	8.2	2.4	40.2	10.6	3.8	2
73	Sizutakara	36.9	11.4	14.5	7.3	2.2	62.7	9.5	6.6	2
74	Oukou	6.3	14.8	18.2	6.0	1.2	39.2	7.2	5.4	2
75	Hinomine	28.3	16.2	18.6	8.0	2.0	63.0	10.0	6.3	2
76	Sanrei	40.3	25.9	30.4	9.1	2.9	96.6	12.0	8.1	2
77	Summer berry	21.3	6.8	10.1	8.0	2.2	38.2	10.2	3.8	2
78	Kurume No.43	24.2	15.0	16.6	5.3	3.5	55.8	8.8	6.3	2
79	Kurume No.45	5.6	11.4	14.4	6.9	1.8	31.4	8.7	3.6	2
80	Kurume No.47	20.1	16.9	19.0	8.0	1.4	55.9	9.4	5.9	2
81	Kurume No.49	12.5	17.9	18.3	7.2	1.9	48.7	9.1	5.3	2
82	Kurume No.50	34.9	14.4	18.0	7.9	1.4	67.4	9.3	7.2	2
83	Belle rouge	4.5	10.0	14.1	7.7	1.3	28.6	9.0	3.2	2
84	Everberry	34.0	14.7	18.3	9.2	1.5	67.0	10.7	6.2	2

<sup>z</sup> Content (mg/gFW)

<sup>y</sup> Suc + Glu + Fru (mg/gFW)

<sup>x</sup> Cit + Mal (mg/gFW)

<sup>w</sup> Year of release, 1: before 1980, 2: after 1981.

Mal 含量が全酸含量に占める割合 (Mal 比率) には 4.8~45.8%の広い変異があり, 平均値は 20.0%であった. Mal 比率の高い品種には 'てるのか', 'Atlas' などがみられた. なお, 日本品種と外国品種間, また日本品種の育成年代の間には有意な差は認められなかった.

荻原ら (1992) は 50 品種について有機酸の組成別含量を調査し, 全酸含量は新鮮重 1 g 当たり 5.8~29.9mg の範囲に分布し, Cit 比率は 47~93%, Mal 比率は 7~

53%の範囲に分布したとしている. 真部 (1989) は 9 品種を調査し, 有機酸含量が 0.51~0.77%, Cit 比率が 70%程度, Mal 比率は 30%程度であったと報告している. 本研究では, 全酸含量の最低値では荻原ら (1992) および真部 (1989) の結果とほぼ一致したが, 最高値では異なった. Cit 比率は 54.2~95.2%となり, 荻原ら (1992) の結果とほぼ一致した. さらに, 真部 (1989) のデータと比較が可能な 'とよのか' を含む 7 品種の対

Table 2 Mean value of contents and components of sugars and organic acids in foreign strawberry cultivars in 1995.

No.	Cultivar or strain	Origin	Suc <sup>z</sup>	Glu <sup>z</sup>	Fru <sup>z</sup>	Cit <sup>z</sup>	Mal <sup>z</sup>	Sugar content <sup>y</sup>	Organic acid content <sup>x</sup>	Sugar-acid ratio
1	Glen	Canada	10.4	10.5	14.0	10.4	1.4	34.9	11.8	3.0
2	Micmac	Canada	20.4	21.5	22.7	8.6	0.6	64.6	9.3	7.0
3	Vebrant	Canada	7.8	11.7	14.6	8.5	3.5	34.0	12.0	2.8
4	Cavalier	Canada	7.9	14.7	19.3	10.3	2.5	42.0	12.7	3.3
5	Guardsman	Canada	19.3	15.8	18.9	11.8	5.8	54.0	17.6	3.1
6	Zefyr	Denmark	19.6	12.6	16.0	11.1	2.2	48.2	13.3	3.6
7	Dybdahl	Denmark	16.1	18.4	20.8	8.4	1.9	55.3	10.3	5.4
8	Cambridge Favourite	England	11.8	10.8	13.2	8.0	2.0	35.8	10.0	3.6
9	Cambridge Prizewinner	England	19.7	28.8	33.3	10.7	2.6	81.9	13.2	6.2
10	Pegasus	England	7.5	15.1	18.5	9.6	2.5	41.1	11.9	3.5
11	Annelie 10X	England	7.0	15.3	20.3	11.5	2.2	42.5	13.6	3.1
12	Cacak Early	England	10.3	9.9	14.6	11.5	2.0	34.8	13.5	2.6
13	Marmion	England	22.0	24.2	29.4	8.2	4.7	75.6	12.9	5.9
14	Merton Prince	England	7.0	7.7	10.7	13.0	1.6	25.4	14.6	1.7
15	Merton Down	England	12.2	10.5	13.2	10.8	1.5	35.9	12.3	2.9
16	Auchincruive Climax	England	13.4	11.8	15.2	11.8	2.0	40.3	13.8	2.9
17	Talisman	England	2.4	10.8	17.7	9.6	2.5	30.8	12.1	3.7
18	Mamie	France	17.8	12.3	14.3	9.6	2.5	44.4	8.5	5.2
19	General Chanzy	France	6.0	19.3	25.1	7.4	0.9	50.4	8.3	6.1
20	Marie France	France	8.2	10.7	14.1	17.6	1.1	33.0	18.7	1.8
21	Regina	Germany	6.6	22.0	24.8	11.2	1.9	53.4	13.2	4.1
22	Cesena	Italy	6.6	13.7	15.5	6.2	2.1	35.7	8.3	4.3
23	Addie	Italy	2.1	8.0	11.5	6.8	2.7	21.5	9.4	2.3
24	Gea	Italy	4.4	11.1	13.7	5.4	3.6	29.2	9.0	3.2
25	Ferrera	Italy	3.1	10.6	14.0	9.2	2.9	27.7	12.2	2.3
26	Tago	Italy	7.2	12.1	14.9	9.2	0.6	34.1	9.9	3.5
27	Campinus	Italy	8.6	15.7	19.6	8.1	1.4	43.9	9.5	4.6
28	Gorella	Netherlands	7.8	17.9	21.1	7.8	1.9	46.8	9.7	4.8
29	Vola	Netherlands	39.1	27.1	29.1	8.5	2.3	95.3	10.7	8.9
30	Russkaya Krasabisha	Russia	10.1	21.6	25.4	9.6	2.5	57.1	11.5	5.0
31	Finn	Sweden	38.1	15.4	17.7	6.8	3.4	71.3	10.3	6.9
32	Aliso	U.S.A.	5.5	12.3	17.3	4.6	0.7	35.1	5.3	6.6
33	Douglas	U.S.A.	4.7	8.5	13.8	6.8	1.7	27.0	8.5	3.2
34	Arapahoe	U.S.A.	16.1	22.8	25.3	5.3	1.3	64.2	6.7	9.6
35	Armored	U.S.A.	6.7	16.0	19.3	7.6	1.8	42.1	9.4	4.5
36	Benton	U.S.A.	5.5	14.1	17.3	7.4	1.6	36.9	9.1	4.1
37	Florida Belle	U.S.A.	14.6	12.8	16.3	7.6	2.9	43.7	10.5	4.1
38	Florida 90	U.S.A.	22.3	18.0	20.3	12.5	3.8	60.6	16.3	3.7
39	Holiday	U.S.A.	21.0	19.5	20.3	12.9	4.3	60.8	17.2	3.5
40	Linn	U.S.A.	4.1	10.9	15.0	8.1	2.4	30.0	10.5	2.9
41	Marlate	U.S.A.	21.3	25.6	28.1	13.0	2.6	74.9	15.6	4.8
42	New York 844	U.S.A.	12.4	15.2	17.1	6.8	1.7	44.7	8.5	5.3
43	Phelps	U.S.A.	7.0	17.3	21.3	8.8	1.2	45.7	10.0	4.6
44	Redmaster	U.S.A.	14.0	13.0	15.6	6.0	2.3	42.6	8.2	5.2
45	New Oregon	U.S.A.	7.5	10.6	14.0	9.9	1.5	32.0	11.4	2.8
46	Selva	U.S.A.	6.1	6.8	10.1	7.7	2.6	23.0	10.3	2.2
47	Chandler	U.S.A.	11.0	10.9	13.6	6.4	2.7	35.5	9.1	3.9
48	Sequoia	U.S.A.	10.4	13.1	16.0	7.1	1.5	39.5	8.6	4.6

No.	Cultivar or strain	Origin	Suc <sup>z</sup>	Glu <sup>z</sup>	Fru <sup>z</sup>	Cit <sup>z</sup>	Mal <sup>z</sup>	Sugar content <sup>y</sup>	Organic acid content <sup>x</sup>	Sugar-acid ratio
49	Aptos	U.S.A.	12.3	16.4	19.3	7.7	2.3	48.0	10.1	4.8
50	Hecker	U.S.A.	14.5	11.8	15.4	10.0	2.0	41.6	12.0	3.5
51	Florida 693	U.S.A.	3.9	7.4	10.2	7.4	2.4	21.6	9.8	2.2
52	Sparkle	U.S.A.	5.0	12.7	17.2	9.6	2.5	35.0	11.0	3.2
53	Albritton	U.S.A.	10.6	12.6	15.9	8.8	1.8	39.1	10.5	3.7
54	The Sun	U.S.A.	14.8	22.6	24.4	8.9	1.5	61.7	10.4	5.9
55	Shasta	U.S.A.	10.0	16.7	19.3	7.4	1.9	46.0	9.2	5.0
56	Tahoe	U.S.A.	6.0	12.2	15.3	9.6	2.5	33.5	11.3	3.0
57	America	U.S.A.	2.9	9.0	13.3	9.4	1.4	25.2	10.8	2.3
58	Robinson	U.S.A.	5.4	14.8	18.5	6.7	3.4	38.8	10.2	3.8
59	Donner	U.S.A.	18.9	36.2	40.8	6.7	2.2	95.9	8.9	10.8
60	Cruz	U.S.A.	14.0	11.9	15.4	6.0	2.1	41.3	8.1	5.1
61	Missionary	U.S.A.	19.1	22.8	26.7	9.2	3.4	68.5	12.5	5.5
62	Comet	U.S.A.	8.0	12.5	15.6	9.9	5.0	36.1	14.9	2.4
63	Dover	U.S.A.	6.5	11.5	15.1	9.0	2.4	33.1	11.3	2.9
64	Atlas	U.S.A.	8.8	9.8	14.0	6.7	5.3	32.6	12.0	2.7
65	Cardinal	U.S.A.	9.2	14.5	17.9	7.4	4.5	41.5	11.9	3.5
66	Pocahontas	U.S.A.	10.3	15.8	20.2	8.9	1.3	46.4	10.2	4.5
67	Earlimore	U.S.A.	13.8	20.6	23.0	9.6	3.0	57.4	12.6	4.5
68	Empire	U.S.A.	11.8	15.5	18.1	7.5	2.0	45.4	9.4	4.8
69	Erie	U.S.A.	7.2	9.2	11.3	6.8	3.0	27.7	9.7	2.9
70	Huxley	U.S.A.	5.5	13.7	16.9	10.5	2.1	36.1	12.6	2.9
71	Kanner King	U.S.A.	5.6	14.5	16.7	7.0	2.9	36.7	9.9	3.7
72	Siletz	U.S.A.	11.3	27.4	29.7	11.7	1.4	68.3	13.1	5.2
73	Derby	unknown	5.0	11.3	15.5	6.7	2.5	31.9	9.2	3.5
74	Star	unknown	12.3	4.9	8.4	8.0	1.5	25.7	9.5	2.7
75	Belle Et Bonne	unknown	6.2	11.1	13.6	9.6	2.5	30.9	12.1	2.6
76	Monte Aregre	unknown	8.7	12.6	16.0	7.5	2.0	37.4	9.4	4.0
77	Mount Everest	unknown	7.9	13.0	16.9	12.3	0.9	37.9	13.3	2.9
78	Donnovan	unknown	11.3	24.1	26.8	9.1	1.8	62.2	10.9	5.7
79	Chef	unknown	7.3	13.1	17.1	8.9	1.2	37.6	10.1	3.7
80	Everest	unknown	10.1	14.0	15.4	11.7	3.1	39.6	14.8	2.7
81	Royal	unknown	19.5	16.8	18.4	8.4	2.2	54.8	10.5	5.2

<sup>z,y,x</sup> See Table 1

比では、全酸含量では本結果がやや高く、Mal 比率はほぼ同様な結果であった。これらの差異は栽培環境の違いによるものと考えられる。

日本品種は外国品種と比較して糖含量が高く、全酸含量が有意に低いことが特徴である。しかし、有機酸組成が食味に及ぼす影響は糖組成と比較して、十分明らかにされていない。そのため、有機酸組成の改変にまで踏み込んだ育種が行われてこなかったことが、育成地および育成年代による明確な違いが認められなかった原因の一つとも考えられる。

### 3. 糖・有機酸の組成別含量による品種分類

供試した全品種の糖および有機酸の組成別含量並びにそれらの比率に関する主成分分析の結果を Table 5 に示す。第 1 主成分では全糖含量および Suc 含量との間で正の高い因子負荷量が、Glu 比率および Fru 比率との間で負の高い因子負荷量が認められた。第 2 主成分では Suc 比率との間に正の高い因子負荷量が、Glu 含量および Fru 含量との間に負の高い因子負荷量が認められた。第 3 主成分では Mal 含量および Mal 比率との間に正の高い因子負荷量が認められた。第 3 主成分までの累積寄与率は 97.7% であった。以上の結果、第 1 主成分は Suc 含量、第 2 主成分は Glu+Fru 含量、第 3 主成分は Mal

Table 3 Differences in sugar and organic acid contents and composition between Japanese and foreign strawberry cultivars.

Origin		Suc <sup>r</sup>	Glu <sup>r</sup>	Fru <sup>r</sup>	Cit <sup>r</sup>	Mal <sup>r</sup>	Sugar content <sup>s</sup>	Suc ratio <sup>t</sup>	Glu ratio <sup>u</sup>	Fru ratio <sup>v</sup>	Organic acid content <sup>w</sup>	Mal ratio <sup>x</sup>	Sugar-acid ratio
Total	Mean	14.7	15.5	18.6	8.6	2.1	48.8	28.8	32.0	39.1	10.7	20.0	4.7
	C.V.	56.9	32.7	26.7	22.2	40.6	30.5	39.4	16.2	17.0	19.5	37.7	36.4
Japanese cultivars <sup>y</sup>	Mean	18.2	16.0	19.0	8.3	2.0	53.2	33.4	30.2	36.2	10.4	19.4	5.3
	C.V.	45.2	27.9	22.7	19.2	32.6	23.7	34.7	18.6	17.2	16.0	34.4	29.9
	range	4.5-40.3	6.8-27.0	10.1-30.4	3.8-11.7	0.6-3.5	28.1-96.6	13.5-58.8	17.7-41.5	23.1-49.4	7.0-13.9	4.8-45.8	2.4-10.0
Foreign cultivars <sup>y</sup>	Mean	11.0	14.9	18.2	8.9	2.3	44.1	24.0	33.8	42.2	11.1	20.6	4.1
	C.V.	62.0	37.4	30.6	24.4	44.7	35.6	37.1	11.7	13.4	21.7	40.5	40.4
	range	2.1-39.1	4.9-36.2	8.4-40.8	4.6-17.6	0.6-5.8	21.5-95.9	7.7-53.5	19.1-41.2	24.9-57.4	5.3-18.7	5.2-44.4	1.7-10.8
t test <sup>z</sup>		* *	N.S.	N.S.	N.S.	*	* *	* *	* *	* *	* *	N.S.	* *

<sup>r</sup> Content (mg/gFW) <sup>s</sup> Suc+Glu+Fru (mg/gFW) <sup>t</sup> Suc/total sugar content (%) <sup>u</sup> Glu/total sugar content (%) <sup>v</sup> Fru/total sugar content (%)

<sup>w</sup> Cit + Mal (mg/gFW) <sup>x</sup> Mal/ (Cit + Mal) (%)

<sup>y</sup> The mean of several characters among Japanese (n=84) and foreign cultivars (n=81) was compared.

<sup>z</sup> \*, \*\* , N.S. : Significant at 5% and 1% level, not Significant at 5% level, respectively.

Table 4 Differences in sugar and organic acid contents and composition among Japanese cultivars bred before 1980 and after 1981.

Year of release		Suc <sup>r</sup>	Glu <sup>r</sup>	Fru <sup>r</sup>	Cit <sup>r</sup>	Mal <sup>r</sup>	Sugar content <sup>s</sup>	Suc ratio <sup>t</sup>	Glu ratio <sup>u</sup>	Fru ratio <sup>v</sup>	Organic acid content <sup>w</sup>	Mal ratio <sup>x</sup>	Sugar-acid ratio
Total	Mean	18.2	16.0	19.0	8.3	2.0	53.2	33.4	30.2	36.2	10.4	19.4	5.3
	C.V.	45.2	27.9	22.7	19.1	33.0	23.7	34.7	18.6	17.2	16.0	34.4	29.9
Before 1980 <sup>x</sup>	Mean	16.2	16.1	19.1	8.5	1.9	51.4	31.1	31.4	37.5	10.4	18.6	5.1
	C.V.	40.5	24.0	18.9	20.0	33.6	17.4	33.7	16.8	14.5	16.5	37.9	27.4
	range	5.0-30.9	8.4-26.6	11.7-29.2	3.8-11.7	0.6-3.2	33.0-73.2	13.5-57.3	17.8-41.5	24.9-48.8	7.0-13.9	4.8-45.8	2.9-9.5
After 1981 <sup>x</sup>	Mean	21.5	15.8	18.7	8.1	2.1	56.3	37.3	28.4	34.1	10.3	20.8	5.6
	C.V.	44.8	34.1	28.4	17.2	31.0	29.6	33.2	20.2	20.3	15.5	28.1	32.7
	range	4.5-40.3	6.8-27.0	10.1-30.4	5.4-11.3	1.2-3.6	8.1-96.6	15.7-58.8	17.7-37.7	23.1-49.4	7.2-13.4	12.6-39.5	2.4-10.0
t test <sup>y</sup>		* *	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	* *	*	*	N.S.	N.S.	N.S.

<sup>z</sup> See Table 3.

<sup>y</sup> \*, \*\* , N.S. : indicate significant at 5%, 1% level, not significant at 5% level, respectively.

<sup>x</sup> Year of release, before 1980 (n=52), and after 1981 (n= 34).



比率を表すと考えられた。

第1および第2主成分スコアを用いた散布図を Fig. 1 に示す。日本品種は第1主成分の正の側に多くが分布するのに対し、外国品種は第1主成分の負の側に多く分布し、分布域に違いが認められた。さらに、1981年以降に育成された品種は、それ以前の品種と比較して、より第2主成分の正側に分布した。これは、日本品種が外国品種と比べ、全糖含量および Suc 含量が高く、さら

Table 5 Factor loading and contributions of principal components of fruit in principal component analysis of 165 strawberry cultivars.

Trait	Factor loading		
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
Suc	0.964	0.219	-0.007
Glu	0.536	-0.829	0.042
Fru	0.494	-0.856	0.039
Cit	-0.042	-0.063	-0.500
Mal	0.109	0.201	0.771
Sugar content <sup>z</sup>	0.894	-0.448	0.022
Suc ratio <sup>z</sup>	0.756	0.648	-0.083
Glu ratio <sup>z</sup>	-0.589	-0.770	0.095
Fru ratio <sup>z</sup>	-0.841	-0.499	0.070
Organic acid content <sup>z</sup>	0.013	0.031	-0.145
Mal ratio <sup>z</sup>	0.131	0.264	0.955
Contribution	0.610	0.278	0.090
Cumulative contribution	0.610	0.888	0.977

<sup>z</sup> See Table 3

に近年では Suc 比率を高める方向に育種が行われてきたことを示すものと考えられ、日本の品種群は甘味比が高く、特に近年育成された促成栽培用主要品種でこの傾向が強いとした森下 (1994) の報告とよく一致した。

第1および第2主成分スコアを用いた散布図では、第1象限は高糖度 Suc 型品種、第2象限は低糖度 Suc 型品種、第3象限は低糖度単糖型品種、第4象限は高糖度単糖型品種を表すと考えられる。ちなみに、第4象限に分布する品種には、'讚麗'、'Vola'、'とよのか'、'レットパール'、'Donner' などがみられ、'とよのか'、'Donner' はともに、これまでに国内において大きなシェアを占めていた品種である。

また、森下 (1994) は北米品種群と欧州品種群との間では品質形質にほとんど違いが認められないと報告している。本研究における主成分分析の結果では、供試した品種数が少ないため外国品種の育成地間の差異は必ずしも明瞭でないが、アメリカ品種は糖および有機酸の含量・組成比率に幅広い変異を有している集団であるのに対し、イギリス品種とカナダ品種の変異幅はアメリカ品種群に含まれる形で比較的狭い範囲に分布した。本研究で用いたイタリア品種には育種母本としてカリフォルニアより導入した品種が多く用いられており、その分布域はアメリカ品種の分布域と比較的よく一致した。このように、日本品種は外国品種と比較して全糖含量あるいは Suc 比率に関して特異な集団であると考えられる。

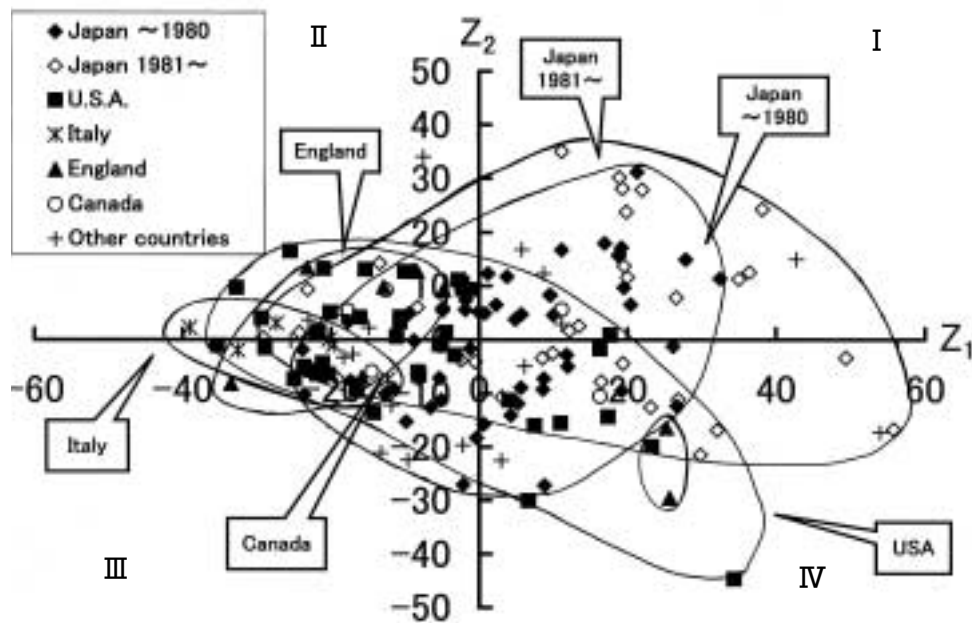


Fig 1 Scatter diagram in Z<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub> plane of sugar and organic acid contents and composition in strawberry fruits arranged by principal component scores.

Z<sub>1</sub>: 1st principal component Z<sub>2</sub>: 2nd principal component.

#### 4. 糖・有機酸の含量・組成間の相関関係

Suc 含量は、Glu 含量、Fru 含量、全糖含量、Suc 比率、Suc-Fru 比率、Suc-Glu 比率、糖酸比および Mal 比率との間に正の相関が認められ、Glu 比率および Fru 比率との間には負の相関が認められた (Table 6)。Glu 含量は Fru 含量、全糖含量、糖酸比および Glu 比率との間に正の相関が、Suc-Glu 比率との間には負の相関が認められた。また Fru 含量は全糖含量、糖酸比および Fru 比率との間に正の相関が、Suc-Fru 比率の間には負の相関が認められた。全糖含量は Suc 比率、Suc-Glu 比率、Suc-Fru 比率および糖酸比との間に正の相関が、Glu 比率および Fru 比率との間に負の相関が認められた。また、Suc 比率は Suc-Glu 比率、Suc-Fru 比率との間に強い正の相関が、糖酸比および Mal 比率との間に弱い正の相関が、Glu 比率および Fru 比率との間に強い負の相関が認められた。Cit 含量は全酸含量と強い正の相関が認められ、糖酸比および Mal 比率との間に負の相関が認められた。Mal 含量は全酸含量との間に弱い正の相関が、また Mal 比率との間に強い正の相関が認められた。一方、全酸含量と糖の組成比率および Mal 比率との間には相関が認められなかった。

荻原ら (1998a) は、全糖含量と構成糖の含量との間には有意な正の相関が認められたが、全糖含量と構成別糖の全糖含量に占める割合には有意な関係は認められず、全糖含量を高くするには、その構成割合は重要ではなく個々の構成糖の含量を高くする必要があるとしている。また、食味と糖酸比との関係は、これまでいくつかの報告 (飯野ら, 1982; 佐藤ら, 1986; 門馬ら, 1987; 森下ら, 1991; 森下, 1994) があり、糖酸比が高い品種・系統の食味が優れる傾向にあることが明らかにされている。荻原ら (1998a) は果実に含まれている Suc、Fru および Glu は甘味度が異なり、これらの構成割合が異なれば食味にも影響を及ぼすと考えられることから、今後は糖組成に着目した育種も重要としている。本研究では、全糖含量が高い品種・系統は Suc 含量および Suc 比率が高い傾向にあった。これは、供試素材として全糖含量が高く、なおかつ高 Suc 比率を有する 1981 年以降に育成された日本品種が数多く含まれていることが要因の一つと考えられる。また、構成糖である Glu 含量と Fru 含量との間には強い正の相関が、Suc 含量と Glu 含量および Fru 含量との間には弱い正の相関が認められた。食味が優れる品種を育成するためには、構成糖それぞれの含量を高めることにより全糖含量を高め、特に Suc 比率を高めることが重要であると考えられる。

森下ら (1991) は糖度と酸度との間に相関関係が認められなかったとしており、本研究でも同様に全糖含量と全酸含量との間には有意な関係が認められなかった。

また、糖と有機酸の組成比率間では、Suc 比率と Mal 比率との間に正の相関が、Glu 比率および Fru 比率と Mal 比率との間に負の相関が認められたが、ともに相関係数は小さかった。遺伝資源の中には、糖・有機酸の含量・組成について幅広い変異が認められることから、組成・含量が異なる幅広い品種を育成することは可能と考えられる。

#### 5. 糖・有機酸の含量・組成の遺伝力

Suc 含量の広義の遺伝力は 0.592 とやや高く、これに比べ全糖含量、Glu 含量および Fru 含量の遺伝力はやや低かった (Table 7)。糖の組成比率はともに高い遺伝力を示した。有機酸に関する広義の遺伝力については、Cit 含量、Mal 含量および組成比率ともやや高く、全酸含量はやや低い値を示した。これまでに糖および有機酸の遺伝力の推定に関してはいくつかの報告 (荻原ら, 1998d; 門馬ら, 1991; DUEWERら, 1967) がみられる。荻原ら (1998d) は Suc 含量、Glu 含量および Fru 含量の遺伝力について検討し、全糖含量および Suc 含量は非相加的効果による分散が大きく遺伝力は小さかったのに対し、Glu 含量および Fru 含量は相加的効果による分散が大きく遺伝力は高かったと報告している。門馬ら (1991) は糖度は低糖度側に部分または不完全優性、酸度は低酸度側に部分または不完全優性であるとした。DUEWERら (1967) は糖度は高糖度側に完全優性もしくは部分優性、酸度は低酸度側に部分優性もしくは雑種強勢が認められたと報告している。SHAWら (1987) は 28 の交配組合せを用いて糖度および酸度の広義の遺伝力を推定し、それぞれ 0.35、0.78 であったことを報告している。遺伝力の算出方法が異なるためこれまでの報告と直接的な比較は難しいが、本研究では全糖含量の広義の遺伝力は 0.312 と低く、これまでの結果とほぼ一致したが、全酸含量については SHAWら (1987) の結果と異なり、0.374 と低い値を示した。一方、糖および有機酸の組成比率については、ともに高い値を示した。

以上の結果から、糖および有機酸の組成比率はともに高い遺伝力を示すことから、比較的改良しやすい形質であると考えられる。しかしながら、全糖含量が同じであれば Suc 比率と Glu 比率および Fru 比率の間には負の相関が成り立つことから、それぞれの構成糖の含量を高めることにより食味の向上を図っていく必要がある。

Table 6 Correlation coefficient between sugar and organic acid contents and composition in strawberry cultivars.

Traits	Suc <sup>z</sup>	Glu <sup>z</sup>	Fru <sup>z</sup>	Cit <sup>z</sup>	Mal <sup>z</sup>	Sugar content <sup>z</sup>	Suc ratio <sup>z</sup>	Glu ratio <sup>z</sup>	Fru ratio <sup>z</sup>	Suc-Fru ratio	Suc-Glu ratio	Organic acid content <sup>z</sup>	Mal ratio <sup>z</sup>
Glu <sup>z</sup>	0.316**												
Fru <sup>z</sup>	0.273**	0.981**											
Cit <sup>z</sup>	-0.060	0.018	0.022										
Mal <sup>z</sup>	0.137	-0.073	-0.079	-0.015									
Sugar content <sup>z</sup>	0.764**	0.850**	0.825**	-0.020	0.025								
Suc ratio <sup>z</sup>	0.863**	-0.128	-0.179*	-0.029	0.150	0.383**							
Glu ratio <sup>z</sup>	-0.741**	0.346**	0.020	0.026	-0.152	-0.182*	-0.951**						
Fru ratio <sup>z</sup>	-0.903**	-0.060	0.354**	0.030	-0.135	-0.525**	-0.969**	0.848**					
Suc-Fru ratio	0.862**	-0.132	-0.263**	-0.056	0.149	0.380**	0.981**	-0.936**	-0.947**				
Suc-Glu ratio	0.792**	-0.232**	-0.181*	-0.051	0.139	0.279**	0.965**	-0.959**	-0.901**	0.985**			
Organic acid content <sup>z</sup>	0.007	-0.015	-0.014	0.885**	0.394**	-0.005	0.044	-0.046	-0.037	0.017	0.017		
Mal ratio <sup>z</sup>	0.175*	-0.107	-0.123	-0.469**	0.819**	0.020	0.192*	-0.190*	-0.177*	0.197*	0.184*	-0.095	
Sugar-acid ratio	0.634**	0.712**	0.691**	-0.463**	-0.187*	0.834**	0.297**	-0.131	-0.416**	0.309**	0.221**	-0.512**	0.069

\*, \*\* significantly different at 5%, 1% level, respectively. <sup>z</sup> See Table 3. 165 cultivars were used for each comparison.

Table 7 Broad-sense heritabilities of sugar and organic acid content and components in strawberry cultivars.

Traits <sup>z</sup>	Heritability <sup>y</sup>	Vg <sup>x</sup>	Ve <sup>w</sup>
Suc	0.592	75.5	51.9
Glu	0.360	16.9	30.1
Fru	0.326	15.5	31.9
Cit	0.475	2.5	2.7
Mal	0.539	0.5	0.5
Sugar content	0.312	130.5	287.1
Suc ratio	0.746	143.9	49.1
Glu ratio	0.755	32.4	10.5
Fru ratio	0.722	42.3	16.3
Suc-Glu ratio	0.757	0.5	0.2
Suc-Fru ratio	0.747	0.3	0.1
Organic acid content	0.374	2.4	4.1
Mal ratio	0.703	49.4	20.8
Sugar-acid ratio	0.342	2.5	4.8

<sup>z</sup> See Table 3. <sup>y</sup> Single plot basis.  $h^2 = Vg / (Vg + Ve)$

<sup>x</sup> Variance due to varieties. <sup>w</sup> Variance due to repeats.

さらに、効果的に食味の向上を図るためには、糖および有機酸の組成比率と食味との関係を明らかにし、これらを考慮した改良が必要となる。特に、糖含量については、これまでの結果から環境による変動が大きい形質であると考えられることから、食味と糖および有機酸含量および組成比率の環境変動に対する安定性との関係についても検討が必要と考えられる。遺伝資源の中には糖・有機酸の含量および組成比率の安定性について幅広い変異が認められており(曾根ら, 2000), これらの安定性の高い品種を育成することは可能と考えられる。

糖および有機酸の組成比率はともに高い遺伝力を示すことから、これら形質の改良に当たっては、育種の初期段階で選抜圧を加えることにより、効率的な選抜が可能と考えられる。ところで、池橋(1972)によると、イネでは高く安定した遺伝力を持つもみ／わら比による選抜が遺伝力の低いもみ重の直接選抜よりも、もみ重の選抜に効果が高いことが報告されている。すなわち、目的形質との表現型相関が正で大きく、かつ遺伝相関がなるべく小さい形質との比率に着目した場合、その遺伝力が高ければ当該比率を用いた間接選抜により目的形質の選抜効果を高めることが出来る可能性を示している。本報告において、遺伝力の低い糖含量については、比較的遺伝力の高い Suc-Fru および Suc-Glu 比率を間接的に用いた選抜を行うことにより、効率的に高めることができる可能性があり、今後検討が必要である。

ちなみに、Suc-Fru 比率の高い品種には、‘静宝’、‘大村朱’、‘サマーベリー’などが、Suc-Glu 比率の高い品種には‘静宝’、‘大村朱’、‘久留米 53 号’などがみられ、これらは良食味品種育成のための遺伝資源としての利用が期待される。さらに、糖・有機酸の含量・組成の収穫期間を通じた安定性に関わる遺伝的要因の解明が進むことにより、安定した良食味品種の効率的な育種法の確立が期待される。

#### IV 摘 要

イチゴの日本品種 84 点と外国品種 81 点を用い、1995、1996 年の 2 年間にわたり促成作型と露地作型で糖・有機酸の含量とそれらの組成を調査し、品種間並びに育成地および育成年代による差異について検討した。さらに、糖および有機酸の組成別含量間の相関関係およびそれらの遺伝力を明らかにした。

1) 供試した 165 品種の全糖含量(スクロース+フルクトース+グルコース)は 21.5~96.6mg/gFW の範囲

に分布し、平均含量は 48.8mg/gFW であった。日本品種は外国品種に比べ有意に高かった。

グルコース含量(Glu 含量)の全糖含量に占める割合は 17.7~41.5%の範囲に、フルクトース含量(Fru 含量)の全糖含量に占める割合は 23.1~57.4%の範囲に分布した。ともに、日本品種は外国品種に比べて有意に低く、また日本品種のうち 1981 年以降に育成された品種は、それ以前の品種よりも有意に低かった。一方、スクロース含量(Suc 含量)の全糖含量に占める割合は 7.7~58.8%の範囲に分布し、品種間差異が大きかった。日本品種のうち 1981 年以降に育成された品種は、それ以前に育成された品種と比較して有意に高かった。

2) 供試した 165 品種の全酸含量(クエン酸+リンゴ酸)は 5.3~18.7mg/gFW の範囲に分布し、平均含量は 10.7mg/gFW であった。リンゴ酸含量が全酸含量に占める割合(Mal 比率)は 4.8~45.8%と品種間差異が大きく、平均値は 20.0%であった。

全酸含量の平均値は日本品種が外国品種と比べ有意に低く、Mal 比率には日本品種および外国品種の間に大きな差異はなかった。

3) 糖・有機酸の含量・組成について主成分分析を行った結果、第 1 主成分は Suc 含量、第 2 主成分では Glu+Fru 含量、第 3 主成分は Mal 比率を表すと考えられ、第 3 主成分までの累積寄与率は 97.7%であった。また、第 1・第 2 主成分のスコア散布図では、日本品種と外国品種との間で分布域に明確な違いがみられ、日本品種は第 1 主成分について外国品種より正の側に多くが分布した。さらに日本品種では、1981 年以降に育成された品種はそれ以前に育成された品種と比較して、より第 2 主成分の正側に分布した。このことは、日本品種は外国品種に比べて、全糖含量および Suc 含量の高い品種が多く、また近年では Suc 比率を高める方向に育種が進んできたことを示すものと考えられる。

4) 糖および有機酸の組成比率は、いずれも高い広義の遺伝力を示したことから、比較的改良しやすい形質であると考えられた。これらの形質の改良に当たっては、育種初期段階で選抜圧を加えることにより、効率的な選抜が可能であると考えられた。

#### 引用文献

- 1) DUEWER, R. G. and C. C. ZYCH. 1967. Heritability of soluble solids and acids in progenies of the cultivated strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 90: 153-157.

- 2) 藤野雅丈・高田勝也. 1987. イチゴの品種特性に関する研究 (第1報) 果実の糖度と酸度. 園学要旨. 昭62秋:420-421.
- 3) 飯野久栄・大和田隆夫・小沢百合子・山下市二. 1982. 果実類の糖及び酸含量と嗜好に関する研究 (第4報) イチゴ・トマトについて. 食総研報. 40:71-77.
- 4) 池橋 宏. 1972. 2形質の比ないし型の指標による選抜の意義. 育種学最近の進歩. 14:27-31.
- 5) 真部孝明. 1989. 生食用イチゴの品質評価 (2) 一般成分. 有機酸組成. 香气成分及びペクチン質と物性の品種間差異. 広島農短大報. 8:669-677.
- 6) 三浦周行・施山紀男・清水明美・今田成雄. 1988. イチゴ果実の発育・成熟に伴う糖濃度の推移. 園学要旨. 昭63秋:414-415.
- 7) 望月龍也. 1995. IV 品種開発の現状と将来展望 促成栽培用品種. p.73-82. 平成7年度課題別研究会資料 促成イチゴの生産・流通の現状と今後の研究方向. 野菜・茶業試験場.
- 8) 門馬信二・興津伸二. 1987. イチゴ果実の糖度及び酸度の品種間差異並びに糖度及び酸度と他の形質との関係. 野菜茶試研報. B.7:11-19.
- 9) 門馬信二・高田勝也. 1991. イチゴ果実の糖度および酸度の遺伝. 園学雑. 59(4):719-726.
- 10) 森下昌三・本多藤雄. 1985. 促成イチゴの成熟に関する研究. 野菜試研報. C.8:59-69.
- 11) 森下昌三・本多藤雄. 1991. イチゴの品種, 作型, 収穫期による果実の糖及び酸度の変動. 野菜茶試研報. A.4:41-55.
- 12) 森下昌三. 1994. イチゴの品質・収量に関する育種学的研究. 野菜茶試研報. A.8:1-53.
- 13) 荻原勲・羅文業・箱田直紀・1992. イチゴ野生種及び栽培種における果実内の糖及び有機酸の特性. 園学雑. 61(別1):368-369.
- 14) 荻原勲・羽布津真典・箱田真紀・志村勲. 1998a. イチゴ野生種および栽培種における果実内の糖含量と糖組成の特性. 園学雑. 67(3):406-412.
- 15) 荻原勲・宮本亮・羽布津真典・鈴木雅人・箱田真紀・志村勲. 1998b. イチゴ果実内の糖含量・糖組成の品種, 収穫年次, 成熟期及び作型による相違. 園学雑. 67(3):400-405.
- 16) 荻原勲・羽布津真典・箱田真紀・志村勲. 1998c. イチゴ‘とよのか’および‘麗紅’果実の成熟に伴う部位別糖含量の変化. 園学雑. 67(別2):323.
- 17) 荻原勲・大塚裕一・滝沢利恵・箱田真紀・志村勲. 1998d. 親子回帰によるイチゴ果実内の糖の遺伝. 園学雑. 67(別2):322.
- 18) 佐藤裕・山川理・本多 藤雄. 1986. イチゴ果実成熟過程における品質の品種間差異. 野菜試報. C.9:23-30.
- 19) SHAW, D. V., R. S. BRINGHURST, and V. VOTH. 1987. Genetic variation for quality traits in an advanced-cycle breeding population of straw-berries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. . 112(4):699-702.
- 20) 曾根一純・望月龍也・野口裕司. 2000. イチゴ果実の糖・有機酸の含量・組成およびその収穫期間を通じた安定性と食味官能評価との関係. 園学雑. 69(4):736-743.
- 21) 田中康彦・谷地田武男. 1954. 新潟県産イチゴジャム原料品種比較試験. 農産加工技術研究会誌. 1(4):195-198.
- 22) 吉田裕一・西田郁子・中條利明・藤目幸擴. 1992. イチゴ数品種のそう果と花床の生長及び糖蓄積. 園学雑. 61(別2):366-367.

## Varietal Differences and Heritability of Sugar and Organic Acid Contents and Composition in Strawberry Fruit.

Kazuyoshi SONE, Tatsuya MOCHIZUKI and Yuji NOGUCHI

### Summary

Varietal differences in the sugar and organic acid contents and composition in strawberry fruit under forcing and open culture were investigated in 1995-1996.

1. Average total sugar content of each cultivar ranged from 21.5 to 96.6mg/gFW, and the average value of all the cultivars was 48.8mg/gFW.

Average values of the sucrose/total sugar content (Suc ratio) of each cultivar ranged from 7.7 to 58.8%, and the values of the Japanese cultivars were higher than those of the foreign cultivars. Japanese cultivars bred after 1981 showed a higher sucrose content than the Japanese cultivars bred before 1980. Average values of the glucose/total sugar content and fructose/total sugar content of the Japanese cultivars bred after 1981 were lower than those of the Japanese cultivars bred before 1980 and foreign cultivars.

2. Average organic acid content of each cultivar ranged from 5.3 to 18.7mg/gFW, and average content of all the cultivars was 10.7mg/gFW. The Japanese cultivars showed a lower organic acid content than the foreign cultivars. Average values of the Malic acid/organic acid content (Mal ratio) of each cultivar ranged from 4.8 to 45.8%, and the average value of all the cultivars was 20.0%. No appreciable differences in the Mal ratio between the Japanese and foreign cultivars were selected.

3. The sugar and organic acid contents and composition of the 165 cultivars were subjected to principal component analysis. The 1st principal component was correlated with the sucrose content, whereas the 2nd with the glucose and fructose content and the 3rd with the Mal ratio. The cumulative contribution up to the 3rd component was 97.7%. Almost all of the Japanese cultivars were distributed in the 1st and 4th quadrants, while the foreign cultivars were distributed in the 2nd to 3rd quadrants in the scatter diagram of the 1st and 2nd principal components. Japanese and foreign cultivars were mostly distributed in different areas in the scatter diagram. Distribution areas of the Japanese cultivars bred before 1980 and after 1981 were also somewhat different.

As a result, the Japanese cultivars showed higher total sugar and sucrose contents than the foreign cultivars, and they were improved toward higher total sugar contents resulting in good taste.

4. The broad-sense heritability of the ratio of individual components of the sugar and organic acids was high. It may be comparatively easy to improve these characters. It is estimated that selection for the sugar and organic acid composition is effective even at the early stage of breeding programs.

---

Received: December 26, 2001

Department of Vegetable and Flower Research  
Kurume, Fukuoka, 839-8503, Japan

Present Address: Department of Vegetable and Flower Research, National Agricultural Research Center for Kyusyu Okinawa Region 1823 Mii-Machi, Kurume, 839-8503, Japan