

福岡県農業総合試験場特別報告

第9号

イチジクの育種に関する基礎的研究

平成9年1月

福岡県農業総合試験場

(福岡県筑紫野市吉木)

SPECIAL BULLETIN
OF
THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

NO. 9

A Fundamental Study on Cross Breeding of
Fig (*Ficus carica* L.)

by

AWAMURA Mitsuo

THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

Chikushino, Fukuoka 818, Japan

January 1997

イチジクの育種に関する基礎的研究

栗 村 光 男

1 9 9 7

序

イチジクは、消費嗜好の多様化や健康食品に対する関心の高まりに伴い需要が増加し、市況好調で収益性が高いことから、全国各地で増植が進み本県においても水田や他作目からの転換を中心に栽培面積が増加している。わが国のイチジクは、諸外国からの導入品種の適応性が低いこと及び育種が行われていないことから、今日においても経済性の高い2品種しか栽培されてなく、付加価値の高い品質の優れた新品種の育成が切望されている。しかし、イチジク育種は世界的にも例が少なく、育種方法や諸形質の遺伝については未解明の点が多く、育種の効率化が図られていない。

本研究は、以上のような背景をもとにイチジクの新品種を育成する目的で、イチジクの交配母本の形質評価や交配方法、さらには雑種第一代における諸形質の出現頻度の特徴を明らかにしたものである。その結果、イチジク交雑育種の基礎的分野に関して貴重な成果を得ることができたので、ここに特別研究報告として公表することとした。これらの研究成果はイチジク交雑育種の交配母本の選定や効率よく交雑実生を獲得するために利用され、イチジク新品種の育成ひいては本県イチジクの特産品ブランド化に寄与することが期待されるものである。

なお、本報告は福岡県農業総合試験場豊前分場において1991年から1996年にまでに実施された県単特別研究「イチジク新品種の育成」に関連する試験成績を取りまとめたものである。

本研究の遂行および取りまとめにあたって、ご指導、ご助言を頂いた九州大学教授白石眞一博士、同教授齋藤 明博士ならびに同教授佐藤 光博士に厚くお礼を申し上げますとともに、福岡県農業総合試験場豊前分場果樹研究室職員の方々の協力により、成果をあげることができたことを付記し、関係各位に深く感謝の意を表する。

平成 9 年 1 月

福岡県農業総合試験場長

松本 明芳

目 次

第1章 序論	1
第2章 イチジク交配母本の育種上重要な果実諸形質の評価	3
第1節 受粉の有無が熟期と品質関連形質に及ぼす影響	3
緒 言	3
材料及び方法	3
結 果	3
考 察	6
摘 要	6
第2節 夏果と秋果の熟期と品質関連形質の相関関係	7
緒 言	7
材料及び方法	8
結 果	8
考 察	10
摘 要	11
第3節 果皮色の色差計の測色値による分類	11
緒 言	11
材料及び方法	12
結 果	12
考 察	14
摘 要	15
第3章 イチジクの交配の効率化	16
第1節 カプリフィック型品種の夏果の生育特性	16
緒 言	16
材料及び方法	16
結 果	16
考 察	19
摘 要	19
第2節 柱頭分泌液を利用した人工培地による花粉の発芽率の検定	20
緒 言	20
材料及び方法	20
結 果	21
考 察	24
摘 要	24
第3節 種子親の受粉最適果実の判定	25
緒 言	25
材料及び方法	25
結 果	25
考 察	28
摘 要	29
第4章 イチジクF ₁ における果実諸形質の出現頻度の特性	30
第1節 単為結果性F ₁ 個体の出現頻度に及ぼす種子親の影響	30
緒 言	30

材料及び方法	3 1
結 果	3 1
考 察	3 4
摘 要	3 5
第 2 節 F ₁ の果重と果汁の屈折計示度の雌雄および夏秋果間差	3 5
緒 言	3 5
材料及び方法	3 6
結 果	3 7
考 察	4 0
摘 要	4 2
第 3 節 F ₁ の果皮色b 値の出現頻度とその雌雄間差	4 2
緒 言	4 2
材料及び方法	4 2
結 果	4 3
考 察	4 4
摘 要	4 5
第 5 章 総合考察	4 6
総摘要	5 1
引用文献	5 3
英文摘要	5 7

第1章 序 論

イチジク (*Ficus carica* L.) はわが国では古くから家庭果樹として親しまれているが、農林水産省果樹統計表にも掲載がなく、正確な栽培面積は現在でも明らかでない。わが国にイチジクが導入されたのは寛永年間(1624~1643)とされ、経済栽培が広く普及したのは大正時代からで、大都市近郊に産地が展開し大正10年頃の栽培面積は700~1,000haと推定されている(菊地, 1948)。これらの産地は、第二次世界大戦中の食糧増産の国策により激減した。しかし戦後再び栽培が進み、昭和50年代に入ってようやく1,000haの水準に回復した(河瀬, 1983)。近年、消費嗜好の多様化で需要が増加し、市況好調で収益性が高いことや、水田利用再編対策の転換作目として注目されていることから、全国各地で増植が進み、平成5年で約1,400haの栽培面積があると推定されている(農水省, 1995)。イチジクは雌性雌雄異体で、前年生枝上に夏果を、新梢上に秋果を着生し、果実内部に多数の小花が密生する隠花果を形成する。イチジクは隠花果内の小花の形態によって、雄花および虫えい花(雌花の一種)が着生し受粉樹として利用されるカプリフィッグ型(雄株)と、雌花のみが着生し食用となるフィッグ型(雌株)に大別され、フィッグ型はさらに結実に関する特性から園芸学的にスミルナ、サンペドロおよび普通の3型に区分される。スミルナ型の夏果と秋果、およびサンペドロ型の秋果の結実には受粉が必要であるが、サンペドロ型の夏果、および普通型の夏果と秋果は、受粉しない場合には単為結果する(河瀬, 1972)。わが国では、イチジクの受粉に不可欠な花粉媒介昆虫(*Blastophaga psenes* L.)が存在しないため、専ら普通型品種の秋果の単為結果性を利用した栽培が行われており、現在においても主要品種は普通型の‘榊井ドーフィン’と‘蓬萊柿’のみである。両品種とも他品種と比較して果実が大きく収量も多いが、肉質が粗く果汁の屈折計示度が低い等の品質面での欠点がある(兵庫県, 1982)。そこで、両品種程度に果実が大きく収量も多く、しかもより高品質な品種の育成が望まれており、交雑育種による新品種の育成が必要である。

イチジクは世界的に見ると、スペイン、イタリア、トルコ、ギリシャ、ポルトガル等の地中海沿岸地方、およびアメリカのカリフォルニア州等の地中海性気候区での栽培が多い。これらの国では、花粉媒介昆虫が存在するため果実内部に芳香性をもった稔性のある種子が形成され、この果実を主に乾果およびジャムや缶詰等の加工原料として利用している。したがって、交雑育種はアメリカを中心にこれらの用途に適した緑黄色の果皮や芳香性を持つ品種の育成を重視して行われてきた(CONDIT, 1928; STOREY, 1975)。一方、わが国では普通型品種の単為結果した秋果を生食用として利用しているため、単為結果性があり、大果で果汁の屈折計示度が高く、赤色系の果皮色をもつ品種が好まれており、この傾向は今後もしばらく続くと予測される。

CONDIT (1955) は、アメリカにおいてカプリフィッグ型88品種、スミルナ型116品種、サンペドロ型21品種および普通型470品種の特性を明らかにしている。これらの品種の一部は、既にアメリカで交配母本として利用されており、近年わが国においても遺伝資源収集事業の一環として導入されつつある。しかし、わが国のような温帯で多湿な気象条件下で、しかも花粉媒介昆虫の存在しない地域でのイチジク栽培は世界的にも例が少なく、まず導入品種の特性をわが国の環境条件下で再評価する必要がある。

イチジクの交雑育種では、通常カプリフィッグ型品種の成熟した夏果から花粉を採取し、フィッグ型品種の秋果に人工受粉することで交配が行われる(STOREY, 1975)。しかし、わが国では普通型品種のみが長らく栽培されてきたため、花粉親として不可欠なカプリフィッグ型品種の導入や栽培例がほとんどなく、わが国におけるカプリフィッグ型品種の生育特性や花粉の飛散時期は明らかでない。交雑育種は1921年に農商務省園芸試験場(現農林水産省果樹試験場興津支場)でサンペドロ型品種の‘谷川’が育成されて以来行なわれておらず(河瀬, 1983)、イチジクの交雑育種に関する報告は皆無である。また、イチジクの雑種第一代における諸形質の遺伝様式については、雌雄性(STOREY, 1975)や単為結果性(SALEEB, 1965)について一部解明されているが、特にイチジクの単為結果性の発現は、栽培地の環境条件や年次によって異なることもあり(CONDIT, 1938; 1955)、わが国において地中海性気候区の単為結果の遺伝様式が適応できるかどうか明らかでない。さらに、わが国の育種目標として重要な、果重、果汁の屈折計示度および果皮色等の形質の遺伝様式

は未だ明らかにされていない。

本研究は以上のような背景と観点から、今後わが国においてイチジクの交雑育種を進めていく際に必要な、基礎的知見を得る目的で行った。まず、交配母本となる外国からの導入品種の果実諸形質の特性評価に重要な、受粉の有無が果実諸形質に及ぼす影響と夏秋果間の果実諸形質の相関関係を明らかにし、品種間変異の大きい果皮色の簡易な分類方法について検討した。次に、効率よく交配を行うために、カプリフィッグ型品種の夏果の生育特性と花粉飛散時期を明らかにし、花粉の発芽率検定法および種子親の受粉最適果実の判定法について検討した。さらに、育成した交雑実生の果実特性調査結果を利用して、わが国の育種目標として重要な形質である単為結果性、果重、果汁の屈折計示度および果皮色の遺伝様式解明の基礎的知見を得るため、イチジクF₁におけるこれらの諸形質の出現頻度の特徴について検討を行った。

本研究は1989年から1995年にかけて、イチジクの新品種育成に関する一連の試験として福岡県農業総合試験場豊前分場果樹研究室（行橋市西泉）で行ったものであり、研究の大半は逐次園芸学会雑誌（栗村・正田，1995；栗村ら，1996；栗村ら，1997印刷中），園芸学会雑誌別冊（栗村・矢羽田，1995），園芸学会九州支部研究収録（栗村・正田，1994）および福岡県農業総合試験場研究報告（栗村・正田，1991；栗村・矢羽田，1996）において発表してきたが、それらと未発表の成績も含めてここに体系的に大要をまとめて報告する次第である。

なお、本研究の遂行および本論文の取りまとめに当たって、終始懇篤なご指導とご助言を賜った九州大学教授、白石眞一博士に対して、心より感謝し厚くお礼を申し上げる。

また、本論文の作成に当たって、懇切なご指導とご校閲を賜った九州大学教授、齋藤 明博士ならびに同教授、佐藤 光博士に対して、心より感謝の意を表する。

本研究の遂行に際し、ご指導とご助言をいただいた福岡県農業総合試験場豊前分場長正田耕二氏、同果樹研究室長矢羽田二郎氏に心より感謝の意を表する。さらに、研究の遂行に際し、ご協力をいただいた豊前分場の職員各位に対して心から感謝の意を表する。

第2章 イチジク交配母本の育種上重要な果実諸形質の評価

第1節 受粉の有無が熟期と品質関連形質に及ぼす影響

緒 言

わが国のイチジクの経済栽培主要品種は‘榊井ドーフィン’と‘蓬萊柿’であり、近年では、諸外国から品種の導入やそれらを交配母本とした新品種の育成が図られている。諸外国には多数の栽培品種が存在し、その特性も明らかにされており（CONDIT, 1955）、特に熟期や果実品質に関連する、果重、果形、果実内部の小果と花托の厚さおよび果汁の屈折計示度等は育種上重要な形質である。

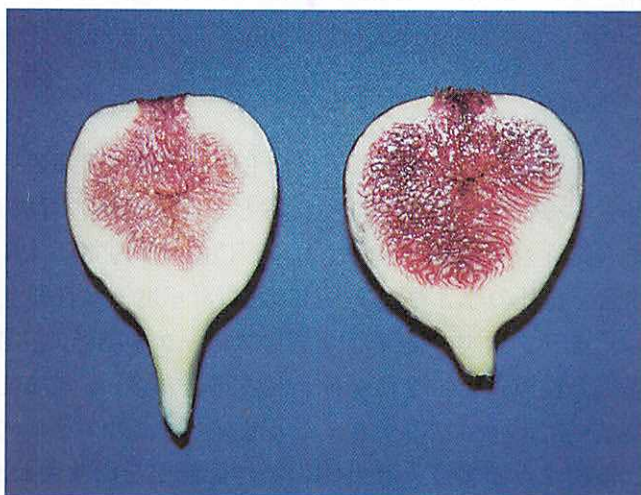
イチジク果実の結実にはカプリフィッグ型品種の花粉の受粉と単為結果による場合とがあり、諸外国では花粉媒介昆虫による受粉が行われる場合が多い。しかし、わが国では花粉媒介昆虫が存在しないためすべて単為結果によって結実する。これまでイチジクにおいて、結実方法の違いが果実諸形質に及ぼす影響については不明な点が多く、諸外国の特性評価がそのままわが国でも適用できるかどうかは明らかでない。そこで、数品種について受粉した有核果と単為結果した果実について、熟期と品質関連形質を比較検討した。

材料および方法

1994年に、福岡県農業総合試験場豊前分場内のスミルナ型‘スタンフォード’、‘Gök Lop’、‘Umur Bey’、サンペドロ型‘谷川’および普通型‘榊井ドーフィン’、‘蓬萊柿’、‘セレスト’、‘ロイヤル・ビンヤード’、‘カドタ’、‘ネグロ・ラーゴ’の各品種1樹（3～7年生）を供試し、同一樹内に人工受粉した有核果区および単為結果区を新梢ごとに各5本設定し、すべての秋果に対し以下の処理を行なった。有核果区は、6月下旬から7月上旬に、場内育成のカプリフィッグ型系統‘VC-180’（ビオレー・ドーフィン×カプリフィッグ6085）の花粉を果実に穴を開けて挿入する方法（STOREY, 1975）で人工受粉した。単為結果区は、スミルナおよびサンペドロ型の各品種については人工受粉と同時期に果実に穴を開けてGA₃水溶液25ppmを注入処理したが、秋果の単為結果性がある普通型品種については放任状態で結実したものをを用いた。各品種とも、熟期に達した果実を順次収穫し、有核果区および単為結果区について着果節ごとに収穫時期、1果重、果形指数（横径／縦径）、果実赤道部の小果の長さ、花托の厚さおよび果汁の屈折計示度（Brix）を調査した。そして各品種ごとに、有核果区と単為結果区との間で、収穫時期と1果重は着果節ごとに、その他の形質は全果実の平均値で比較した。

結 果

収穫時期は、各着果節ともスミルナおよびサンペドロ型品種では単為結果区の方が早かったが、普通型品種では有核果区の方が10日前後早かった（第1表）。1果重はすべての品種で各節とも有核果区の方が大きく（第2表）、果形指数は品種により多少異なるが有核果区の方が大きくなる傾向があった。さらに、すべての品種で有核果区の方が小果が長く花托が薄かった。果汁の屈折計示度は区間に有意差がない品種が多かった（第1図、第3表）。



第1図 イチジク '榊井ドーフィン' の有核果(右)と単為結果した果実(左)

第1表 イチジク品種の有核果と単為結果した果実の収穫時期の比較

品種名	型 ^z	区分	着果節別収穫までの所要日数 ^y											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
スタンフォード	S	有核	11	12	13	20	24	—	—	—	—	—	—	—
		単為	2	4	4	12	16	17	—	—	—	—	—	—
Gök Lop	S	有核	24	30	45	50	—	—	—	—	—	—	—	—
		単為	13	16	18	20	—	—	—	—	—	—	—	—
Umur Bey	S	有核	23	25	28	29	30	33	—	—	—	—	—	—
		単為	15	15	16	24	26	31	—	—	—	—	—	—
谷川	Sp	有核	8	9	10	14	15	20	22	—	—	—	—	—
		単為	—	3	3	10	11	—	—	—	—	—	—	—
榊井ドーフィン	C	有核	—	2	4	8	12	12	16	17	18	21	23	26
		単為	9	10	12	13	16	16	20	22	25	30	32	34
蓬萊柿	C	有核	15	15	15	17	18	20	22	27	29	—	—	—
		単為	—	19	19	20	26	31	37	39	44	48	55	62
セレスト	C	有核	-2	1	2	2	5	9	19	19	22	—	—	—
		単為	6	7	11	16	17	23	24	26	30	—	—	—
ロイヤル・ビンヤード	C	有核	9	14	16	16	18	20	21	29	—	—	—	—
		単為	—	—	20	20	20	22	22	31	32	33	—	—
カドタ	C	有核	13	15	17	17	20	23	26	28	29	—	—	—
		単為	—	21	23	24	25	27	29	33	—	—	—	—
ネグロ・ラージ	C	有核	—	11	13	13	14	19	21	24	24	26	27	—
		単為	21	23	24	28	30	32	38	40	43	47	—	—

^z Sはスミルナ, Spはサンペドロ, Cは普通。

^y 収穫時期は8月1日を起算日として収穫までの日数を表示。

第2表 イチジク品種の有核果と単為結果した果実の1果重の比較

品種名	型 ²	区分	着果節別1果重 (g)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
スタンフォード	S	有核 単為	57 33	49 38	39 22	29 12	30 10	— 10	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Gok Lop	S	有核 単為	102 23	86 24	57 26	48 20	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Umur Bey	S	有核 単為	61 15	60 12	65 17	41 9	42 7	30 9	— —	— —	— —	— —	— —	— —
谷川	Sp	有核 単為	86 —	89 21	66 18	53 11	58 13	32 —	36 —	— —	— —	— —	— —	— —
榊井ドーフィン	C	有核 単為	— 107	138 110	122 96	108 80	93 70	75 67	73 68	79 68	74 72	76 76	72 69	79 76
蓬萊柿	C	有核 単為	109 —	109 70	111 81	83 68	71 66	69 62	64 52	69 65	67 65	— 57	— 54	— 62
セレスト	C	有核 単為	23 14	25 19	27 16	26 14	24 13	19 13	20 11	20 12	21 12	— —	— —	— —
ロイヤル・ビンヤード	C	有核 単為	54 —	56 —	56 35	58 32	45 27	42 27	43 32	49 29	— 29	— 31	— —	— —
カドタ	C	有核 単為	34 —	37 21	37 15	29 11	25 13	28 11	33 10	29 11	27 —	— —	— —	— —
ネグロ・ラージ	C	有核 単為	— 25	46 25	46 26	48 21	47 20	36 21	37 21	36 23	39 22	42 23	40 —	— —

² Sはスミルナ, Spはサンベドロ, Cは普通。

第3表 イチジク品種の有核果と単為結果した果実の果形指数(横径/縦径), 小果の長さ, 花托の厚さおよび果汁の屈折計示度(Brix)の比較

品種名	型 ²	区分	果形指数	小果の長さ(mm)	花托の厚さ(mm)	果形屈折計示度
スタンフォード	S	有核 単為	115 ± 3 ³ 89 ± 7 ^{**}	10.0 ± 1.2 8.0 ± 1.0 [*]	4.0 ± 0.5 5.8 ± 1.6 [*]	16.2 ± 1.1 16.2 ± 3.2 NS
Gok Lop	S	有核 単為	102 ± 8 94 ± 4 NS	14.0 ± 1.2 7.3 ± 0.5 ^{**}	4.5 ± 1.0 6.3 ± 1.0 ^{**}	16.3 ± 2.3 15.6 ± 1.1 NS
Umur Bey	S	有核 単為	113 ± 2 97 ± 6 ^{**}	12.2 ± 1.2 6.7 ± 1.0 ^{**}	3.0 ± 0.9 5.8 ± 1.3 ^{**}	18.5 ± 2.4 17.9 ± 1.4 NS
谷川	Sp	有核 単為	123 ± 4 96 ± 10 ^{**}	11.8 ± 1.7 5.0 ± 1.4 ^{**}	4.5 ± 0.6 6.3 ± 1.3 ^{**}	16.1 ± 1.9 14.1 ± 1.1 ^{**}
榊井ドーフィン	C	有核 単為	72 ± 6 70 ± 6 NS	13.0 ± 0.9 11.1 ± 0.3 ^{**}	6.2 ± 1.5 9.2 ± 1.3 ^{**}	16.1 ± 2.3 15.9 ± 2.2 NS
蓬萊柿	C	有核 単為	94 ± 2 95 ± 4 NS	12.8 ± 0.5 11.6 ± 0.5 ^{**}	4.3 ± 0.5 5.4 ± 0.9 ^{**}	16.7 ± 1.4 16.9 ± 1.4 NS
セレスト	C	有核 単為	77 ± 13 69 ± 13 NS	10.0 ± 0.7 7.0 ± 0.9 ^{**}	2.7 ± 0.5 3.4 ± 0.5 NS	22.8 ± 3.3 21.0 ± 3.3 NS
ロイヤル・ビンヤード	C	有核 単為	95 ± 5 83 ± 6 ^{**}	11.5 ± 1.4 8.3 ± 0.8 ^{**}	5.0 ± 0.9 5.7 ± 0.5 NS	17.6 ± 2.9 15.6 ± 3.3 [*]
カドタ	C	有核 単為	89 ± 5 89 ± 6 NS	11.7 ± 1.1 8.1 ± 0.9 ^{**}	3.6 ± 0.5 4.0 ± 0.6 NS	21.0 ± 3.1 15.1 ± 3.3 ^{**}
ネグロ・ラージ	C	有核 単為	91 ± 5 86 ± 6 [*]	12.0 ± 1.2 7.4 ± 0.7 ^{**}	3.3 ± 0.7 5.3 ± 0.7 ^{**}	19.0 ± 2.6 17.5 ± 3.0 NS

² Sはスミルナ, Spはサンベドロ, Cは普通。

³ 平均値 ± 標準偏差。

^{**}, ^{*} それぞれ1%, 5%水準で有意差あり, NSは有意差なし。

考 察

イチジクの普通型品種の秋果は放任状態で単為結果し、果実内部の小果は胚や胚乳はないが子房壁の内果皮が硬化（リグニン化）した種子様の秕を持つ（平井，1966）。一方、スミルナ型品種‘カリミルナ’では、各種ホルモン処理で単為結果した果実は有核果より熟期が早く小果の子房壁細胞の肥大が劣り、ジベレリンやサイトカイニン処理では小果の内果皮の硬化がなく、ジベレリン処理では果実首部の肥大が良好になる（CRANE・BASKAYA, 1950；CRANE, 1965）。また、リンゴ、ナシ、モモでもジベレリン処理した果実は有核果より小さく縦長になる（NAKAGAWA *et al*, 1967；KIYOKAWA・NAKAGAWA, 1972）。これらのことから、本実験のスミルナおよびサンペドロ型品種の単為結果した果実は、ジベレリン処理が熟期や果実の形態に影響していると考えられるため、普通型品種の単為結果した果実とは厳密には区分する必要がある。

本実験では果実の硬さや着色の状態から熟期を判断して収穫したが、すべての普通型品種で同一着果節位で比較すると、有核果の方が単為結果した果実より軟化時期が早く熟期が早いと判断された。この結果はジベレリン処理を行ったスミルナおよびサンペドロ型品種とは逆の結果であった。普通型品種の放任状態で単為結果した果実は、外部から与えられる植物生長ホルモンの影響がないのに対し、有核果では種子から供給される内生ホルモン等が熟期に影響していると考えられる。しかし、これまで普通型品種の受粉の有無が果実の熟期に対する影響については明確な知見はなく、今後検討する必要がある。

また、BASKAYA・CRANE（1950）は、普通型品種‘カドタ’でも有核果の方が放任状態で単為結果した果実より、小果の子房壁細胞の肥大が優ることを報告している。本実験でも、すべての品種で有核果の方が果重が大きく果形が扁平で小果が厚く花托が薄くなる傾向があったことから、受粉により小果に種子が形成されるかどうかで個々の小果の肥大が影響される。イチジクの果実は果皮を除くと小果と花托で構成され、成熟果における小果は50%以上の重量比で、還元糖含量も花托の約1.5倍である（平井，1966）。したがって、小果の長さは果重や食味を左右する重要な形質であり、品種の特性評価に不可欠である。

これらのことから、交配母本とする品種を花粉媒介昆虫の存在する諸外国から、わが国のように花粉媒介昆虫の存在しない単為結果を前提とする場所に導入し、その熟期や果重および小果や花托の厚さ等の形質を評価する場合、単為結果した果実によって再評価する必要があることが示唆される。

イチジクでは、有核果は種子の形成および発達により周辺細胞から炭水化物が消費されるため、単為結果した果実の方が糖含量が高いとされている（BASKAYA・CRANE, 1950；BLONDEAU・CRANE, 1950）。しかし、本実験の果汁の屈折計示度については、両果実間で有意差がない品種が多かった。果汁の屈折計示度は厳密には糖含量とは異なるが、両者の間は正の相関が極めて高く並行関係があるとみなせる。単為結果した果実の方が糖含量が高いとする既報（BASKAYA・CRANE, 1950；BLONDEAU・CRANE, 1950）においても、単為結果した果実と有核果との糖含量の差は極僅かであることから、各品種の有核果での果汁の屈折計示度の評価は、そのまま単為結果した果実の場合にも適用できると考えられる。

摘 要

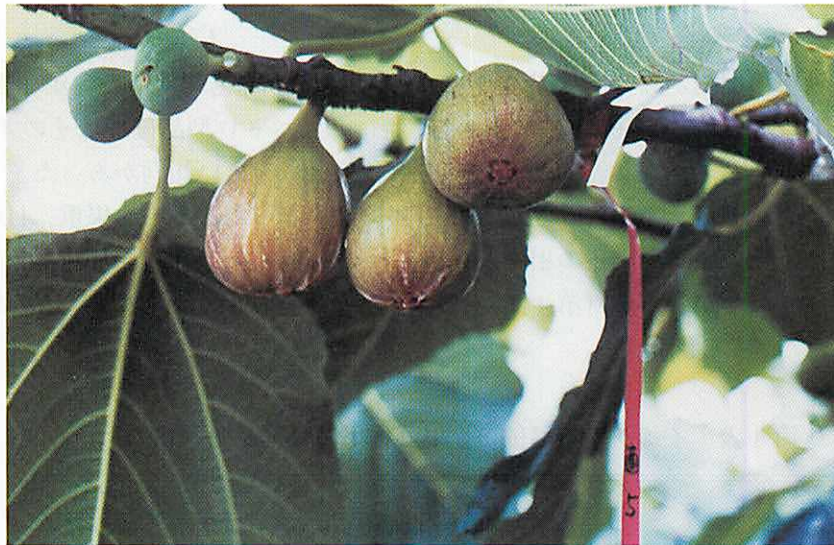
イチジク10品種を用いて秋果について有核果と単為結果した果実の熟期、果重、果形指数、果実赤道部の小果の長さ、花托の厚さおよび果汁の屈折計示度を比較した。

1. 普通型の品種では有核果の方が熟期が早かった。
2. すべての品種で、有核果の方が果重および果形指数が大きく、小果が長く花托が薄かった。
3. 果汁の屈折計示度は差がない品種が多かった。

第2節 夏果と秋果の熟期と品質関連形質の相関関係

緒 言

イチジクは同一品種において、前年生枝上に夏果と新梢上に秋果が着生し、サンペドロ型品種では夏果が、普通型品種では夏果と秋果がそれぞれ単為結果する（第2図）。しかし、普通型品種の中には夏果の単為結果性がほとんどない品種もある（CONDIT, 1955）。わが国における交雑育種では、秋果が単為結果する普通型品種の育成が最も重要であるが、今後の消費嗜好の多様化や作型拡大の面から、夏果を生産する品種の育成も重要になってくる。したがって、交配母本にサンペドロ型品種を用いて普通型品種を、あるいは普通型品種を用いてサンペドロ型品種の育成をそれぞれ図ることが考えられる。この場合の交配母本の選定に際し、サンペドロおよび普通型品種の単為結果しない方の果実の諸形質を事前に把握しておく必要があるが、これまでほとんど調査されていない。さらに、夏秋果両方生産する品種についても、両果実間の諸形質の違いや相関関係は明らかにされていない。そこで、サンペドロおよび普通型数品種を供試して夏果と秋果を両方結実させ、育種上重要な形質である熟期や果実品質に関連する、果重、果頂部の目の大きさ、果実内部の小果の長さ、および果汁の屈折計示度について夏秋果間で比較検討した。さらに各形質ごとに、数品種から得られた夏果と秋果の調査結果の間で回帰分析を行い、夏果または秋果の諸形質を他方の果実から予測できるかどうかを検討した。



第2図 イチジク‘蓬萊柿’の前年生枝上で成熟した夏果と新梢上に着生した秋果（上）新梢上で成熟した秋果（下）

材料および方法

1992から1993年に、福岡県農業総合試験場豊前分場内のサンペドロ型‘キング’、‘サン・ペドロ・ホワイト’、‘ビオレー・ドーフィン’、‘谷川’および普通型‘セレスト’、‘アーテナ’、‘イスキア・ブラック’、‘カドタ’、‘コナドリヤ’、‘ロイヤル・ビンヤード’、‘ブラウン・ターキー’、‘ゼノア・ホワイト’、‘蓬萊柿’、‘榊井ドーフィン’の計14品種各1樹（3～6年生）を供試した。サンペドロ型品種の秋果は7月上旬の人工受粉により、普通型品種の夏果は4月下旬のGA₃水溶液10ppmの果実散布処理によりそれぞれ結実させた。各品種とも夏果と秋果について、熟期に達した果実を順次連日収穫した。各品種の夏秋果の収穫期間は第4表に示した。収穫した夏果と秋果は、1993年に収穫開始時期、平均1果重、果頂部の目の大きさ（直径）および果実赤道部の小果の長さを、1992から1993年に果汁の屈折計示度（Brix）を調査した。収穫開始時期は連日の収穫が可能になった最初の日とした。平均1果重は全収穫果の平均値を、目の大きさおよび小果の長さは、各収穫日ごとに1果を調査してその平均値を求めた。屈折計示度は毎年収穫日ごとに1果の果実赤道部の果汁について調査し、2年間の平均値と全調査果の中の最高値を求めて解析に用いた。各品種内で夏果と秋果の調査結果を比較すると同時に、各調査項目ごとに14品種から得られた夏果と秋果の調査結果を利用して、夏秋果間の回帰分析を行った。

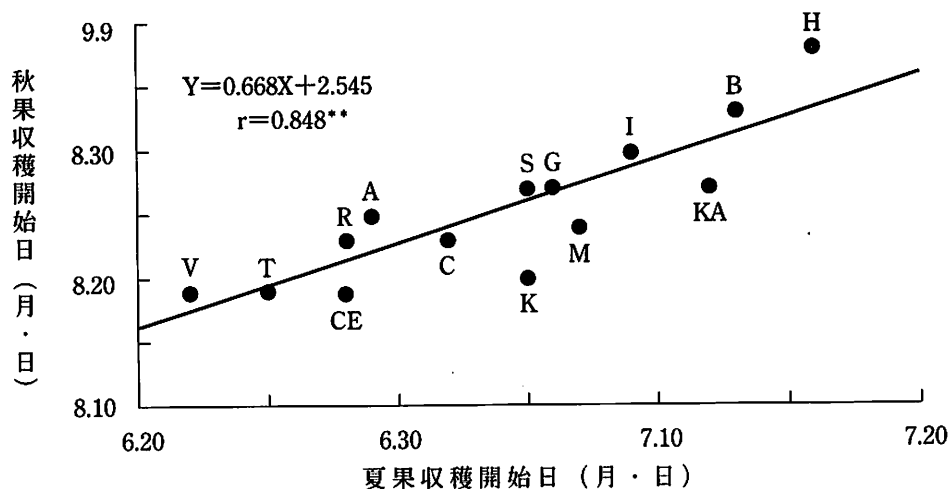
結 果

収穫開始日は夏果と秋果の相関が高く、夏果の熟期が早い品種は秋果も早かった（第4表、第3図）。平均1果重は、すべての品種で夏果の方が秋果より大きく、特にサンペドロ型品種ではその差が顕著であった。目の大きさおよび小果の長さもすべての品種で夏果の方が秋果より大きい傾向があった。しかし、供試品種内の1果重の大小の順位と、目の大きさや小果の長さの順位は異なった。平均1果重、目の大きさおよび小果の長さも熟期と同様に夏秋果間で高い正の相関が認められた（第5表）。果汁の屈折計示度の平均値は夏秋果間に一定の関係が認められなかったが（第4図）、最高値は夏果と秋果がともに高い品種群と低い品種群の二つのタイプに区分された（第5図）。

第4表 イチジク各品種の夏果と秋果の収穫期間（1993年）

品種名	夏果		秋果	
	収穫開始	収穫終了	収穫開始	収穫終了
	月. 日	月. 日	月. 日	月. 日
キング	7. 5	7. 16	8. 20	10. 1
サン・ペドロ・ホワイト	7. 5	7. 16	8. 27	10. 8
ビオレー・ドーフィン	6. 22	7. 14	8. 19	9. 16
谷川	6. 25	7. 16	8. 19	8. 27

セレスト	6. 28	6. 30	8. 19	10. 25
アーテナ	6. 29	7. 12	8. 25	11. 1
イスキア・ブラック	7. 8	7. 28	8. 30	11. 5
カドタ	7. 12	7. 16	8. 27	11. 5
コナドリヤ	7. 2	7. 22	8. 23	11. 5
ロイヤル・ビンヤード	6. 28	7. 19	8. 23	11. 5
ブラウン・ターキー	7. 13	7. 28	9. 2	11. 5
ゼノア・ホワイト	7. 6	7. 9	8. 27	10. 8
蓬萊柿	7. 16	8. 2	9. 6	11. 8
榊井ドーフィン	7. 7	7. 16	8. 24	11. 5



第3図 イチジクの夏果と秋果の収穫開始日の相関関係

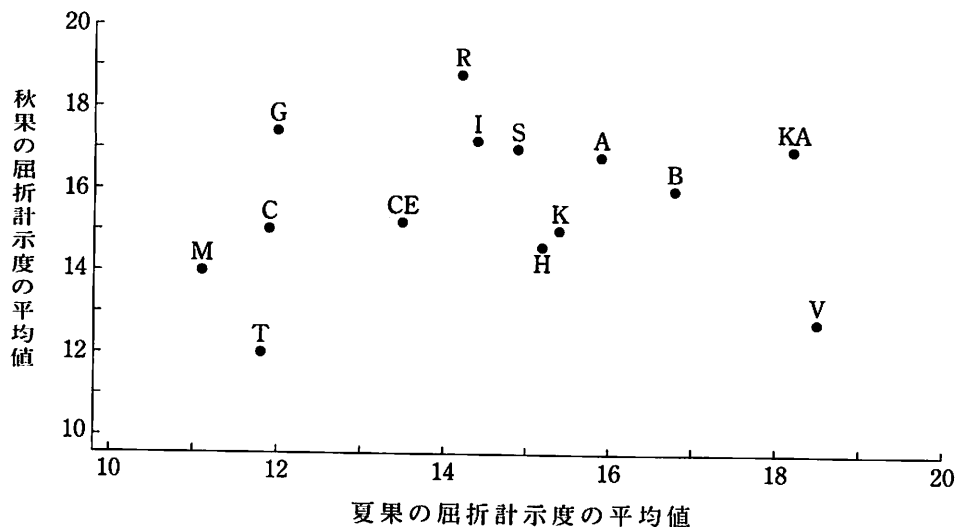
K: キング, S: サン・ペドロ・ホワイト, V: ビオレー・ドーフィン, T: 谷川
 CE: セレスト, A: アーテナ, I: イスキア・ブラック, KA: カドタ
 C: コナドリヤ, R: ロイヤル・ピンヤード, B: ブラウン・ターキー
 G: ゼノア・ホワイト, H: 蓬萊柿, M: 榊井ドーフィン
 回帰式は、夏果は6月1日、秋果は8月1日を起点とし、収穫開始までの所要
 日数により算出。
 **1%水準で有意。

第5表 イチジクの夏果と秋果の1果重、目の大きさおよび小果の長さの相関関係

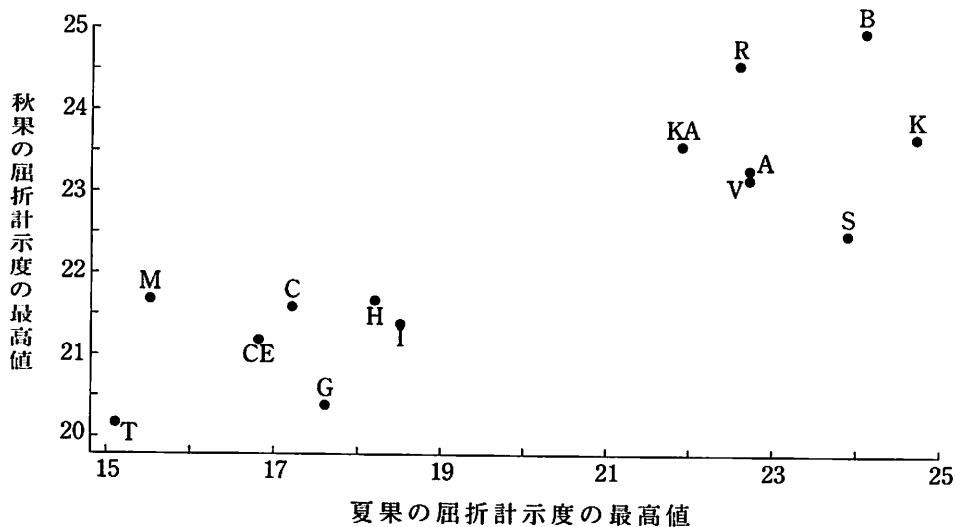
品種名	1果重			目の大きさ			小果の長さ		
	夏果a	秋果b	a/b	夏果a	秋果b	a/b	夏果a	秋果b	a/b
	g	g		mm	mm		mm	mm	
キング	68.3	29.6	2.3	12.3	8.8	1.4	14.7	13.7	1.1
サン・ペドロ・ホワイト	89.4	36.8	2.4	13.3	9.0	1.5	16.3	13.0	1.3
ビオレー・ドーフィン	98.0	50.0	2.0	12.2	8.3	1.5	15.7	10.7	1.5
谷川	102.2	75.0	1.4	9.0	7.7	1.2	15.6	12.2	1.3
セレスト	13.0	12.3	1.1	5.2	2.9	1.8	6.9	5.2	1.3
アーテナ	30.8	30.0	1.0	6.5	4.6	1.4	13.6	12.6	1.1
イスキア・ブラック	31.8	24.8	1.3	8.8	6.3	1.4	8.7	6.7	1.3
カドタ	39.9	21.6	1.8	10.9	8.0	1.4	9.2	7.6	1.2
コナドリヤ	61.9	51.3	1.2	6.1	5.2	1.2	12.3	10.9	1.1
ロイヤル・ピンヤード	72.9	45.1	1.6	7.0	6.0	1.2	16.9	10.8	1.6
ブラウン・ターキー	83.5	35.8	2.3	11.9	7.3	1.6	12.6	11.2	1.1
ゼノア・ホワイト	84.7	69.8	1.2	10.9	7.2	1.5	12.8	10.8	1.2
蓬萊柿	94.4	80.5	1.2	10.8	9.5	1.1	12.7	12.2	1.0
榊井ドーフィン	129.5	87.8	1.5	13.9	12.7	1.1	18.6	13.5	1.4
平均	71.5	46.5	1.6	9.9	7.4	1.4	13.3	10.8	1.2
回帰式 ²	Y=0.608X+2.992			Y=0.752X-0.066			Y=0.660X+2.001		
相関係数	r=0.841**			r=0.889**			r=0.853**		

² 説明変数Xを夏果とし、目的変数Yを秋果として算出。

**1%水準で有意。



第4図 イチジクの夏果と秋果の果汁の屈折計示度平均値の相関関係



第5図 イチジクの夏果と秋果の果汁の屈折計示度最高値の相関関係

K: キング, S: サン・ベドロ・ホワイト, V: ビオレー・ドーフィン, T: 谷川
 CE: セレスト, A: アーテナ, I: イスキア・ブラック, KA: カドタ
 C: コナドリヤ, R: ロイヤル・ビンヤード, B: ブラウン・ターキー
 G: ゼノア・ホワイト, H: 蓬萊柿, M: 榊井ドーフィン

考 察

イチジクは同一品種において同年に夏果と秋果が着生するが、両果実の花序の分化時期や成熟時期はまったく異なる。秋果は、5月から7月に新梢各節に花序が分化し、8月から10月に通常下位節果実から一定の生育期間を経て順次成熟するため、収穫期間がかなり長い。一方夏果は、新梢先端付近に分化し冬季の温度不足により一旦生育を停止した秋果が、翌年の4月の新梢伸長開始と同時に再び肥大生長し6月から7月に成熟するものであり、秋果より着生数は少なく収穫期間も短い (CRANE, 1948; PETRUCCI・CRANE, 1950)。このようなイチジクの夏秋果の熟期の早晩は、一般的に収穫開始時期で評価されている (兵庫県, 1982)。本実験の14品種の収穫開始時期は、夏果は6月下旬から7月中旬に、秋果は8月中旬から9月上旬の間に分布しており品種間差がかなりあったが、夏果が早熟な品種は秋果も早熟であった。したがって、熟期の品種特性は、夏果か秋果のどちらか一方で評価できると考えられる。

果重、目の大きさおよび小果の長さについても、夏秋果間で正の相関が高いことから、どちらか一方の果

実でこれらの形質の品種特性を評価できる。しかし、各品種とも夏果の方が秋果よりかなり果重が大きく、品種によっては夏果の果重が秋果の果重の2倍以上になるものもあった。このことは、果実の大小の品種間差は夏果あるいは秋果においても同様な傾向になるが、交配母本とする品種の果実の大きさは夏秋果の別に把握しておく必要があることを示唆する。すなわち、大果性の秋果を育種目標とする場合に、夏果の大きさから交配母本を選定しても、その交配母本の秋果は夏果よりかなり小さい可能性もあり得る。そのような交配母本の後代では、大果性の秋果を生産する個体の出現は期待できない。同一品種における夏秋果間の果実の大きさの違いは、花序の分化時期、結実部位および生育時期の違い等が影響していると考えられるが、これまで明確な知見はなく今後の検討が必要である。また、果実の目の大きさはスリップス類の被害や果実の腐敗に関係し (STOREY, 1975)、小果の長さは第2章1節で指摘したように果実品質に大きく影響するため重要な形質である。本実験で果重の大きい品種が必ずしも目が大きく小果が長くなかったことから、目の大きさや小果の長さの品種特性は、果重の大小から推定できる形質ではないと考えられる。

本実験では、夏果と秋果の間で果汁の屈折計示度の平均値は有意な相関が認められなかった。イチジクは根域が浅く果汁の屈折計示度の高低が灌水や降水量の影響を受けやすい (木村, 1992)。本実験では収穫時期や期間が品種によってやや異なり、各品種の果汁の屈折計示度の平均値は、収穫時期の環境条件に大きく影響されている。したがって、本実験のように2年間程度の反復による果汁の屈折計示度の平均値は品種の特性を十分に示しているとは考えにくい。そこで、本実験では各品種の果汁の屈折計示度の特性を、全調査果中の最高値で評価した。各品種における果汁の屈折計示度の最高値は、長期の収穫期間中の様々な環境条件下で最も高かった値である。その値は、各品種の遺伝的特性に基づく果汁の屈折計示度を高める能力を最大限に発揮した結果であると考えられる。本実験で供試した14品種は、果汁の屈折計示度の最高値によって、夏果と秋果ともに高い品種群と低い品種群の二つのタイプに区分された。このことから、果汁の屈折計示度においても夏果で高い品種は秋果も高いと推定される。またイチジクの果汁の屈折計示度は、食味の良否を左右するため育種上重要な形質である。各品種の果汁の屈折計示度の最高値は、高糖性を育種目標として交配母本を選定する場合の指標として利用できると思われる。

以上のことから、イチジクでは同一品種において、夏果の方が秋果より果重、果頂部の目の大きさおよび小果の長さが優るため、各品種のこれらの形質は夏秋果別に評価しておく必要がある。但し、夏果が早熟で大きく果汁の屈折計示度が高い品種は、秋果も同様な傾向を示すため、これらの形質はどちらか一方で他方がある程度予測することは可能と考えられる。

摘 要

イチジク14品種の夏果と秋果の熟期、果重、果頂部の目の大きさ、小果の長さおよび果汁の屈折計示度の各形質を調査し、各品種ごとに夏秋果間で比較すると同時に、各形質ごとに夏秋果間で回帰分析を行った。

1. すべての品種で夏果の方が秋果より、果重、目の大きさおよび小果の長さが優った。
2. 熟期、果重、目の大きさおよび小果の長さは、何れも夏秋果間で正の相関が高かった。
3. 供試された14品種は、夏果と秋果ともに果汁の屈折計示度が高い品種群と低い品種群の二つのタイプに区分された。

第3節 果皮色の色差計の測色値による分類

緒 言

イチジクは果皮に含まれる主要色素が品種によって異なる (平井, 1966; 平田, 1981) ことから、果皮色に緑から紫黒色までの幅広い品種間変異がみられる。生果を食するわが国では赤色系品種、乾果生産を主体

とする諸外国では緑色系品種が好まれている。このように、果皮色は果実の商品価値を左右するため、品種の特性調査には不可欠な形質である。

イチジクの種苗特性分類調査報告（兵庫県，1982）では、果皮色は淡緑色から紫黒色までの9階級の色調に分類されており、各階級にはそれぞれ対照品種とマンセル標準色票の記号が付与されている。通常イチジクの果皮色は、この種苗特性分類調査報告の審査基準に基づき、収穫盛期の晴天時に成熟した果実の果皮色をマンセル標準色票によって、9階級の何れかに分類している（以下これをマンセル色票法とする）。しかし、この9階級の中には相互に類似した色調があり、様々な果皮色の品種を迅速に分類することは容易でなく、またどの階級に帰属させるべきか判断しにくい品種については観察者により分類が異なる場合がある。

そこで、果樹の果色カラーチャートの作成（山崎・鈴木，1980）、ビワの果実品質調査（内野ら，1994）、トマトの熟度判定（東尾ら，1989）、キクの花弁色の品種間差の判定（寛ら，1965）等利用されている色差計での測色値が、イチジクの果皮色の分類に客観的指標として利用可能かどうかを検討した。また、各品種の果皮色が夏果と秋果の間で異なるかどうかについても検討した。

材料および方法

本実験には福岡県農業総合試験場豊前分場内に栽植中の2～6年生のイチジク各品種を供試した。各品種とも、夏果は7月上旬、秋果は9月中旬に、熟期に達した果実を10日間連続して収穫した。各収穫日ごとに全収穫果の中から最も色濃く着色している一果を選び、その果実の色斑のない様に着色した部分の果皮色を、マンセル色票法によって9階級に分類すると同時に、色差計（ミノルタ，CR300）で L^* ， a^* ， b^* 値（以下 L ， a ， b 値とする）を測定した。

マンセル色票法では観察により1：淡緑，2：黄緑，3：黄褐，4：橙黄褐，5：橙褐，6：赤褐，7：赤紫，8：紫褐，9：紫黒の9階級に分類した。色差計では各果実1回 L ， a ， b 値を測定した。そして，1日1果で計10果から得られた各値の平均値を，果皮色の品種特性とみなした。

1. 果皮色のマンセル色票法の階級値と色差計の測色値との相関関係

1993年に第6表に示したカプリフィッグ型1品種，スミルナ型5品種，サンペドロ型4品種および普通型19品種の計29品種を供試した。各品種のマンセル色票法で分類した階級値を目的変数に， L ， a ， b 値を説明変数として重回帰分析を行った。

なお，カプリフィッグ型品種はわが国の環境条件下では夏果しか結実しないため夏果の，その他の品種は秋果の果皮色を調査したが，スミルナおよびサンペドロ型品種の秋果は単為結果しないので人工受粉により結実させた。

2. 色差計で測色した値による夏果と秋果の果皮色の比較

1993年に第8表に示したサンペドロ型3品種および普通型7品種の計10品種を供試した。単為結果性の弱いサンペドロ型品種の秋果は人工受粉により，普通型品種の夏果はジベレリン処理により結実を促進させた。各品種ごとに L ， a ， b 値によって夏果と秋果の果皮色を比較した。

結 果

1. 果皮色のマンセル色票法の階級値と色差計の測色値との相関関係

供試した29品種の果皮色は淡緑から紫黒色まで幅広く分布した。マンセル色票法によって分類された階級値が低くなるにしたがい，色差計の示す L 値および b 値が高く， a 値が低くなる傾向があった。しかし，供試品種の階級値による順位と L ， a ， b 値による順位はやや異なった（第6表）。

階級値と L ， a ， b 値との間で回帰分析を行なった結果，各値ともに階級に対する単相関係数が高く，さらに重相関係数も高かった。特に b 値は，標準偏回帰係数が最も大きかった（第7表）。また，供試された29品種は b 値によって4群に大別された（第6表）。

2. 色差計で測色した値による夏果と秋果の果皮色の比較

供試した10品種の夏果と秋果の果皮色のL, a, b値を比較すると, a値は‘サン・ペドロ・ホワイト’, ‘キング’ および ‘ゼノア・ホワイト’ の3品種で有意差が認められたが, L値及びb値はすべての品種で有意差がなかった(第8表)。

第6表 イチジク各品種の果皮色のマンセル色票法による分類とL*, a*, b*値

品種名	型 ^z	マンセル色票法		色差計による測色値		
		分類	階級	L*	a*	b*
ビオレー・ソリエス	C	紫黒	9	30.38	0.53	-1.40
Zidi	S	紫黒	9	25.13	5.33	0.50
ボルティード・ネーグラ	C	紫黒	9	24.90	0.88	0.62
イスキア・ブラック	C	紫黒	9	26.40	5.12	1.01
ネグローネ	C	紫黒	9	33.15	5.39	2.10
ネグロ・ラゴ	C	紫黒	9	26.62	5.94	2.37
セレスト	C	紫褐	8	34.61	13.30	9.62
ブルジャソット・グリース	C	紫褐	8	34.03	7.50	9.75
蓬萊柿	C	赤紫	7	35.89	10.81	10.57
ビオレー・ドーフィン	Sp	赤紫	7	33.67	12.00	10.69
榊井ドーフィン	C	赤褐	6	27.42	15.58	5.85
ブラウン・ターキー	C	橙褐	5	39.78	12.11	22.14
Umur Bey	S	橙黄褐	4	45.76	9.20	23.71
アチクド・アルゼンツィユ	C	橙黄褐	4	45.58	15.51	25.92
ドゥ・ロイ	C	橙黄褐	4	44.73	10.49	26.35
ロイヤル・ピンヤード	C	橙黄褐	4	46.11	7.46	27.85
ボデュール	C	黄褐	3	50.92	6.62	32.30
谷川	Sp	黄緑	2	63.06	-10.54	46.16
イスキア・ホワイト	C	黄緑	2	63.37	-9.46	49.44
カドタ	C	黄緑	2	68.44	-12.13	52.04
サリ・ロップ	S	黄緑	2	63.77	-12.51	53.89
ゼノア・ホワイト	C	黄緑	2	65.53	-9.40	54.34
スタンフォード	S	黄緑	2	67.49	-13.17	54.93
Erkek Incir	S	淡緑	1	55.32	-12.34	41.27
コナドリア	C	淡緑	1	68.33	-13.08	46.89
カプリフィッグ6085	Cp	淡緑	1	65.84	-14.19	47.29
キング	Sp	淡緑	1	62.29	-13.46	47.91
サン・ペドロ・ホワイト	Sp	淡緑	1	64.02	-14.36	49.60
アーテナ	C	淡緑	1	66.19	-15.72	55.56

^z Cpはカプリ, Sはスミルナ, Spiはサンペドロ, Cは普通。

第7表 イチジクにおける果皮色のマンセル色票法の階級に対するL*, a*, b*値の重回帰分析

	L*	a*	b*
偏回帰係数	-0.036	-0.047	-0.137**
標準偏回帰係数	-0.183	-0.166	-0.913
対階級の単相関係数	-0.948**	0.709**	-0.961**
重相関係数	r=0.966		

** 1%水準で有意。

第8表 イチジク各品種の夏果と秋果の果皮色のL*, a*, b*値の比較

品種名	果皮色 ^z	型 ^y	区分	L *	a *	b *
サン・ペドロ・ホワイト	淡緑	Sp	夏果	62.61	-18.55	49.21
			秋果	64.02	-14.36**	49.60
キング	淡緑	Sp	夏果	59.32	-18.05	47.22
			秋果	62.29	-13.46**	47.91
コナドリ	淡緑	C	夏果	68.73	-12.83	41.44
			秋果	68.33	-13.08	46.89
カドタ	黄緑	C	夏果	66.17	-14.72	50.64
			秋果	68.44	-12.13	52.04
ゼノア・ホワイト	黄緑	C	夏果	63.44	-14.31	52.36
			秋果	65.53	-9.40*	54.34
谷川	黄緑	Sp	夏果	63.08	-10.24	48.92
			秋果	63.06	-10.54	46.16
ロイヤル・ビンヤード	橙黄褐	C	夏果	44.55	8.32	27.70
			秋果	46.11	7.46	27.85
株井ドーフィン	赤褐	C	夏果	29.95	14.00	6.37
			秋果	27.42	15.58	5.85
蓬萊柿	赤紫	C	夏果	37.21	9.09	11.34
			秋果	35.89	10.81	10.57
イスキア・ブラック	紫黒	C	夏果	26.10	4.88	1.81
			秋果	26.40	5.12	1.01

^z マンセル色票法によって分類された果皮色。

^y Spはサンペドロ, Cは普通。

**, * それぞれ1%, 5%水準で有意差あり。

考 察

色差計の示すL値は明度を表し、白が100で黒が0となり数値の大きいものほど明るく、a値は(+)側で赤色、(-)側で緑色の度合いが強く、b値は(+)側で黄色、(-)側で青色の度合いが強いことを示す(HUNTER, 1958)。トマトの果色(城島・松添, 1994)や赤色系キクの花弁色(笥ら, 1965)では、L, a, b値が品種特性を評価するための指標となることが報告されている。

L, a, b値は相互に関わって一つの色を表現する(HUNTER, 1958)が、調査対象物の色調によって三つの中で最も相関の高い値は異なる。このため、より簡易に色調を評価するのに何れか一つのみが利用される場合もある。例えば、前記の赤色系キクの花弁色はL値で、ビワやトマトの果実の成熟度は果皮色のa値で評価されている。

イチジク果皮色の分類では、マンセル色票法の分類基準である9階級を最もよく説明できたb値の利用が考えられるが、b値だけでは接近した色調を厳密に区分することは困難である。しかし、CONDIT (1955)が多数のイチジク品種を果皮色で分類した際に、黄～緑色、赤～茶色、紫黒～黒色の3群にしか区分していないことや、種苗特性分類調査報告において2階級にまたがって分類されている品種もあることから、常法の9階級に細分化した分類区分が妥当かどうか検討する必要がある。本実験では、b値を指標として40以上(マンセル色票法の淡緑～黄緑色系)、20～40(黄褐～橙褐色系)、5～20(赤褐～紫褐色系)および5以下(紫黒色系)の4階級に区分できたが、このように類似した色調を一括した分類によっても、果皮色の品種特性は十分評価できると考えられる。特に育種の場面で、交配母本の果皮色の評価や果皮色の遺伝様式の解明には、大まかな分類区分の方が適用しやすい。

また、わが国ではカプリフィッグ型およびサンペドロ型品種は夏果だけが、普通型品種は主に秋果が単為結果する。第2章2節で指摘したように夏果と秋果では成熟時期がまったく異なる。赤～紫黒色系の品種は

果皮にアントシアン色素を含み、気温および日照条件等の環境条件や樹体の栄養条件によって色調が異なることもあり（平田，1981；株本，1986），品種によって成熟時期の異なる果実で果皮色を評価した場合に，その品種間差が遺伝的要因かあるいは環境要因に基づくものかが不明確である。しかし，本実験で夏果と秋果が両方結実した10品種について両果実の果皮色の L ， a ， b 値を比較したところ，3品種の a 値以外は有意差が認められなかった。したがって，各品種の果皮色は夏果か秋果のどちらか一方の測色で評価することが可能であると考えられる。

既にトマトでは遺伝子型の異なる系統の着色特性の解明に色差計の示す値が利用されており（城島，1994），今後イチジクの果皮色も，色差計の測色値を利用した簡易な分類方法によって，品種特性や遺伝様式が効率よく解明できると考えられる。

摘 要

イチジク果皮色の簡易で客観的な分類法を確立するために，色差計の測色で得られる果皮色の L^* ， a^* ， b^* 値が分類の指標として利用可能かどうかを検討した。

1. イチジク29品種の果皮色を常法によって9階級に分類すると同時に，色差計で L^* ， a^* ， b^* 値を測定したところ，9階級の分類区分は L^* ， a^* ， b^* 値と相関が高く， L^* ， a^* ， b^* 値は果皮色分類の指標として利用可能であった。
2. L^* ， a^* ， b^* 値の中では b^* 値が常法の9階級と最も相関が高く最適な指標であった。
3. 供試した29品種は果皮色の b^* 値によって4階級に大別され，この4階級の区分は従来の9階級の区分より簡易に果皮色を分類できると考えられた。
4. 夏果と秋果が両方結実する品種では，両果実の果皮色の L^* ， a^* ， b^* 値はそれぞれ有意差がなく，果皮色の品種特性は夏果か秋果のどちらか一方で評価できた。

第3章 イチジクの交配の効率化

第1節 カプリフィッグ型品種の夏果の生育特性

緒 言

イチジクは雌性雌雄異体で隠花果を着生し、果実内部の花托の内壁に多数の小花が密生する。小花には、雄花、雌花および虫えい花（花粉媒介昆虫である *Blastophaga Psenes* L. の産卵と発育に適するように形態変化した雌花の一種）の三種類があり、フィッグ型品種には雌花だけが、カプリフィッグ型品種には雄花と虫えい花が着生する（CONDIT, 1920）。カプリフィッグ型品種の果実は、花粉媒介昆虫との間で共生関係が成立しており（BAKER, 1961; GALLI, 1977; KJELLBERG *et al*, 1987）、諸外国では受粉によって結実する品種も多く栽培されている。しかし、わが国では花粉媒介昆虫が存在しないために、普通型品種の秋果の単為結果を利用した栽培だけが行われており、これまでカプリフィッグ型品種の栽培や交雑育種はほとんど行われていない。

そこで、わが国でイチジクの交雑育種を可能にするため、カプリフィッグ型品種を栽培し、受粉に利用される花粉が最も多く着生する夏果（STOREY・CONDIT, 1969）の生育特性と花粉飛散時期および生理落果の発生とその防止法について検討した。

材料および方法

1. カプリフィッグ型品種の夏果の肥大

1989から1990年に福岡県農業総合試験場豊前分場内のカプリフィッグ型品種‘カプリフィッグ6085’（1989年4年生）を供試し、前年生枝上の20個の夏果について、4月から7月にかけて1週間毎に果実横径を測定した。また、カプリフィッグとフィッグ型品種の夏果の生長曲線を比較するため、サンペドロ型‘ビオレー・ドーフィン’、‘サン・ペドロ・ホワイ’、‘谷川’、‘キング’および普通型‘蓬萊柿’、‘榊井ドーフィン’、‘ブラウン・ターキー’（2～3年生）についても同様に果実横径を調査した。

2. カプリフィッグ型品種の夏果内部の小花の生長

1990年に‘カプリフィッグ6085’の夏果を4月から6月にかけて定期的に採取し、ミクロトームで果実中心部縦断面の切片を作成し、果実内部の雄花と虫えい花の外部形態の経時変化を光学顕微鏡下で観察した。

3. カプリフィッグ型品種の夏果の生理落果の発生とその防止

1990年に‘カプリフィッグ6085’の夏果を供試し、無処理および4月3, 11, 16, 23日の各時期にGA₃水溶液10ppmを果実に散布処理する区を設定した。各区とも夏果が着生している前年生枝を5本供試し、4月から生理落果が終了する6月中旬まで1週間毎に、夏果の累積落果率を調査した。また、カプリフィッグとフィッグ型品種の生理落果発生程度を比較するために、スミルナ型‘サリ・ロップ’、サンペドロ型‘ビオレー・ドーフィン’、‘サン・ペドロ・ホワイ’、‘谷川’、‘キング’および普通型‘蓬萊柿’、‘榊井ドーフィン’、‘ブラウン・ターキー’についても同様に落果率を調査した。さらに、‘蓬萊柿’と‘榊井ドーフィン’については4月16日にGA₃水溶液10ppmを散布処理する区を設定した。

結 果

1. カプリフィッグ型品種の夏果の肥大

‘カプリフィッグ6085’の夏果は、4月から5月上旬にかけて急速に肥大し果実横径が約35mmになるが、その後はほとんど肥大しないまま成熟した。各フィッグ型品種の夏果は、4月から5月上旬にかけて急速に肥大し、その後5月中旬から6月中旬まで肥大が停滞する過程は‘カプリフィッグ6085’と同様であるが、6月下旬から成熟期にかけて再び急速に肥大した（第6図）。

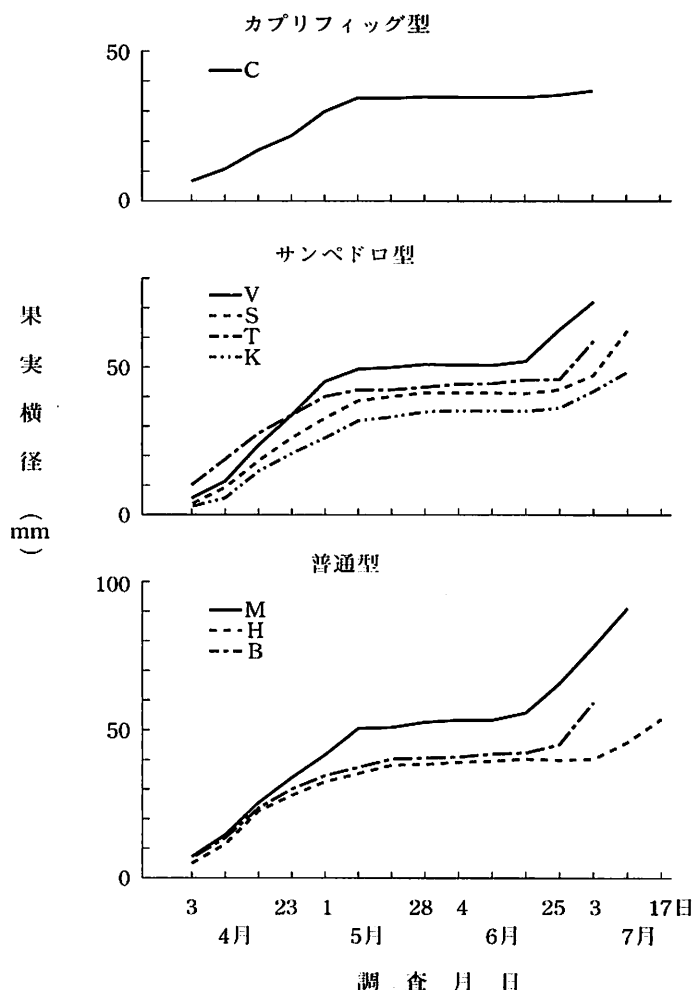
2. カプリフィッグ型品種の夏果内部の小花の生長

‘カプリフィッグ6085’の夏果内部に着生している虫えい花は、4月上旬の果実横径が約10mmの時期に、既に外部形態が完成していたが、りん片付近に分布する雄花はまだ小突起の状態であった。その後、5月上旬の果実肥大第Ⅰ期の終了時期でも、雄花の外部形態は未完成であった。雄花に葯の形態が確認されたのが5月下旬で、最終的に外部形態が完成するのは6月上旬であり、花粉は果実が成熟した6月下旬に採取された（第7図）。

3. カプリフィッグ型品種の夏果の生理落果の発生とその防止

‘カプリフィッグ6085’の夏果の生理落果は5月上旬から始まり、無処理区では5月下旬から落果数が急増し、6月11日までに80%以上の果実が落果した。4月11日（果実横径約12mm）のジベレリン処理区は6月11日における落果率が最も低く、4月3日および23日処理区は無処理区と同程度の落果率であった（第9表）。

スミルナ型‘サリ・ロップ’は‘カプリフィッグ6085’と同様に5月上旬から生理落果が始まり、5月下旬までにすべての果実が落果した。サンペドロ型4品種は、5月中旬から下旬に10～20%の果実が落果したが、その後は落果しなかった。普通型3品種では、5月中旬から生理落果が発生したが、6月11日までの累積落果率は‘梔井ドーフィン’および‘蓬萊柿’が約70%であったのに対し、‘ブラウン・ターキー’が約30%となり品種間差が認められた。また、‘梔井ドーフィン’および‘蓬萊柿’の4月16日のジベレリン処理区は、無処理区より落果率が低かった（第9表）。



第6図 イチジク夏果の生長曲線

C: カプリフィッグ6085
V: ビオレー・ドーフィン, S: サン・ペドロ・ホワイト
T: 谷川, K: キング
M: 梔井ドーフィン, H: 蓬萊柿, B: ブラウン・ターキー



第7図 イチジク‘カプリフィッグ6085’の小花形態の経時変化

上段 左：4月上旬の果頂部縦断面（左側からりん片，雄花，虫えい花） 右：5月上旬の雄花
下段 左：5月下旬の雄花 中央：6月上旬の虫えい花（左）と雄花（右） 右：6月下旬の成熟果の縦断面

第9表 イチジク各品種の夏果の累積落果率の経時変化とジベレリン処理による落果防止

品 種 名	型 ^z	ジベレリン処理		時期別の累積落果率				
		処理月日	果径 ^y	4月16日	5月1日	5月14日	5月28日	6月11日
カプリフィッグ6085	Cp	無処理	mm	%	%	%	%	%
		—	—	1.1	6.3	6.3	53.7	84.2
		4月 3日	8.3	0.0	8.2	8.2	45.5	81.8
		4月11日	12.1	0.0	0.0	0.0	10.7	28.6
		4月16日	17.8	0.0	0.0	0.0	47.4	55.3
		4月23日	21.7	—	0.0	0.0	55.0	80.0
サリ・ロップ	S	無処理	—	0.0	8.0	68.0	84.0	100.0
ビオレー・ドーフィン	Sp	無処理	—	0.0	0.0	17.4	17.4	17.4
サン・ペドロ・ホワイト	Sp	無処理	—	0.0	0.0	10.5	10.5	10.5
谷川	Sp	無処理	—	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
キング	Sp	無処理	—	0.0	0.0	0.0	12.5	12.5
蓬菜柿	C	無処理	—	0.0	0.0	29.2	69.9	73.1
		4月16日	14.2	0.0	0.0	7.7	13.0	14.7
梶井ドーフィン	C	無処理	—	0.0	0.0	38.6	61.1	68.6
		4月16日	10.9	0.0	0.0	23.8	30.2	32.0
ブラウン・ターキー	C	無処理	—	0.0	0.0	5.3	26.3	31.6

^z Cpはカプリ，Sはスミルナ，Spはサンペドロ，Cは普通。

^y ジベレリン処理時の果実横径。

考 察

フィッグ型品種の秋果は、二重S字曲線を描いて肥大し、急速に果実が肥大する第Ⅰ期、肥大が停滞する第Ⅱ期および再び急速に肥大し成熟する第Ⅲ期に区分され、果実内部の小花の肥大と平行して果実が肥大する。さらに、夏果も生育時期は異なるが秋果同様に二重S字曲線を描いて肥大する (CRANE, 1948; 平井, 1966)。本実験でも、各フィッグ型品種の夏果は二重S字型の生長曲線を描いたが、'カプリフィッグ6085'の夏果は第Ⅲ期の急速な肥大が認められなかった。カプリフィッグ型品種では果実内部の大部分が虫えい花で占められ、この虫えい花は、果実肥大第Ⅱ期に花粉媒介昆虫が子房内に産卵しゴールが形成されることで肥大生長する (GALLI, 1977)。しかし、わが国では花粉媒介昆虫が存在しないため虫えい花の肥大が抑制され、そのことが果実肥大に影響していると推察される。

カプリフィッグ型品種の小花は雌ずい先熟性で、虫えい花の方が雄花より器官形成が早いとされている (佐藤, 1953; BECK・LORD, 1988a; 1988b)。イチジクの花粉は、虫えい花の子房中で發育した雌の花粉媒介昆虫が、産卵行動のために果実外部へ出る際に、虫体に付着することで媒介される (GALLI, 1977)。そのためには、雄花が虫えい花より晩熟の方が好都合である。本実験の 'カプリフィッグ6085' の夏果も、虫えい花は4月上旬に外部形態が完成し、その後は肥大するだけであったのに対し、雄花は6月上旬になってようやく外部形態の完成が認められた。カプリフィッグ型品種の花粉は成熟した夏果から採取されるため、花粉親として使用する品種については、その夏果の肥大状況や成熟期を把握しておく必要がある。

カプリフィッグ型品種の果実は、果実肥大第Ⅱ期に虫えい花に花粉媒介昆虫が産卵しない場合、単為結果するものと成熟前に生理落果するものとの二つのタイプがある (STOREY, 1975)。本実験に供試した 'カプリフィッグ6085' は、5月上旬の果実肥大第Ⅱ期から生理落果が多発し、約80%の果実が落果したことから、後者のタイプに属すると考えられる。また、スミルナ型品種の夏果は5月上旬から生理落果が始まり、サンペドロおよび普通型品種でも5月中旬から一部の果実が生理落果したことから、イチジクの夏果は型や品種とは無関係に、程度の多少はあるが果実肥大第Ⅱ期に生理落果が発生すると考えられる。

イチジクのスミルナ型品種の秋果は、オーキシン、サイトカイニンおよびジベレリンの何れかを、所定濃度で果実肥大第Ⅱ期の幼果に散布または注入処理すると単為結果する (CRANE・BLONDEAU, 1949; CRANE, 1965)。さらに、普通型 '蓬萊柿' および '柘井ドーフィン' の夏果は、4月下旬の果実横径13~15mmの幼果にGA₃水溶液5~10ppmを散布処理することで生理落果が防止できることが報告されている (正田ら, 1987)。本実験の 'カプリフィッグ6085' の夏果では、4月中旬の果実横径約12mmの幼果に対して、GA₃水溶液10ppmを散布すると生理落果防止効果が高かった。したがって、カプリフィッグ型品種の夏果の生理落果防止にもジベレリン処理が有効であり、処理適期はフィッグ型品種とほぼ同時期であると考えられる。このことは、単為結果性のないカプリフィッグ型品種も、ジベレリン処理により交雑育種の花粉親として利用できることを示唆する。

摘 要

雌性雌雄異体であるイチジクの交雑育種を可能にするため、雄花が着生するカプリフィッグ型品種 'カプリフィッグ6085' の夏果の生育特性と花粉飛散時期および生理落果の発生程度を明らかにし、ジベレリン処理による生理落果防止効果について検討した。

1. 'カプリフィッグ6085' の夏果は、4月から5月上旬にかけて急速に肥大するが、その後はほとんど肥大しないまま6月下旬に成熟し、フィッグ型品種の夏果の生長曲線とは異なった。
2. 'カプリフィッグ6085' の夏果の内部の小花については、形態形成の時期が虫えい花 (雌花の一種) の方が雄花よりかなり早く、雌ずい先熟性であると考えられ、花粉は6月下旬の成熟した果実から採取された。
3. 'カプリフィッグ6085' の夏果は5月上旬から生理落果が始まり6月中旬までに約80%が落果した。生理落果は、4月中旬の果実横径約12mmの幼果にGA₃水溶液10ppmを散布処理することで防止できた。

第2節 柱頭分泌液を利用した人工培地による花粉の発芽率の検定

緒 言

イチジクの交雑育種では、雄花が着生するカプリフィッグ型品種を花粉親として交配を行う。交配の効率を上げるためには、活力の高い花粉を使用することが必要であり、前もって人工培地上における花粉の発芽率を調査しておくことが望ましい。しかしイチジクでは、花粉の生存率をFDAテストによって調査したBECK・LORD (1988b)の報告はみられるものの、人工培地上における花粉の発芽率を調査したデータはみられない。著者はこれまでに、糖ならびに無機成分の種類と濃度を変えて各種の人工培地を作り、カプリフィッグ型品種の花粉発芽について調査を行ってきたが、花粉の発芽は全くみられなかった。そこで、普通型品種の雌花の柱頭分泌液を利用した人工培地を作成して、花粉の発芽が可能かどうかを明らかにし、最適な培地作成および花粉培養条件について検討した。

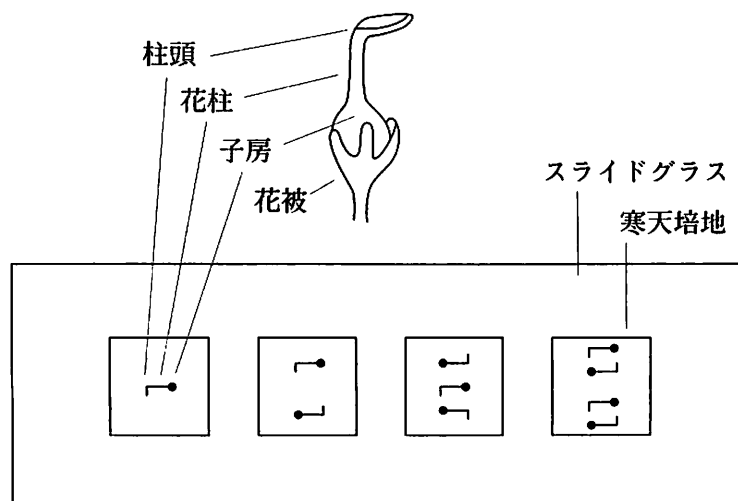
材料および方法

福岡県農業総合試験場豊前分場に栽植中のイチジク品種および系統を用い、次の1～3の実験を行った。

1. 寒天培地への柱頭分泌液の添加効果と培養条件

1992年に、場内で育成したカプリフィッグ型系統‘VC-180’（ビオレー・ドーフィン×カプリフィッグ6085：4年生）の夏果の雄花から、成熟期の7月上旬に花粉を採取した。また、7月上旬の時点で受粉適期に達した果実横径25～30mmの‘梶井ドーフィン’（5年生）の秋果（栗村・正田，1991）から、雌花を採取した。スライドガラス上に、ショ糖を添加した1%寒天培地（面積1cm²，厚さ1mm）を作り、‘梶井ドーフィン’から採取した雌花を第8図に示したように静置した。次に、蒸留水を十分に湿らせたろ紙をシャーレ中に置き、用意したスライドガラスをこの上に並べ、蓋をした後、シャーレを恒温器内に一定時間入れて、雌花の柱頭分泌液を寒天培地内に十分拡散させた。一定時間経過後に寒天培地上の雌花を取り除き、‘VC-180’の花粉を置床した。その後恒温器内に一定時間置いて花粉培養を行い、光学顕微鏡下で発芽率と花粉管長を調査した。

ここでは、①培地中のショ糖濃度（0～30%の範囲で5%刻み）、②培地に置床する雌花数（1～4本/cm²）、③柱頭分泌液の拡散時間（1～7時間）と④培養温度（5～25℃）の4点についてその条件を種々に組み合わせながら検討を加えた。さらに、花粉の培養温度と時間についても検討した。なお、いずれの処理も、実験は3反復で行い、その平均値で結果を表示した。



第8図 寒天培地上の1～4本/cm²のイチジク雌花の置床方法

2. 雌花採取用の秋果のサイズと花粉の発芽率

1993年の7月上旬に、'梔井ドーフィン' (6年生) の新梢上の種々の大きさの秋果から雌花を採取して、実験1の方法により寒天培地を作成し、各培地3反復で'VC-180' (5年生) の夏果から得た花粉を培養し、発芽率を求めた。

3. カプリフィッグの夏果の熟度と花粉発芽率

1993年の7月8日に'VC-180'より種々の硬さの夏果20果を採取して、開口部(目)より花粉を採取した。実験1, 2の結果を参考に作成した寒天培地に採取した花粉を置床し、3反復で発芽率の調査を行った。なお、花粉採取用に用いた夏果の赤道部の果肉硬度を、直径7/16インチのプランジャーを装着したマグネステラー型硬度計で測定し、夏果の熟度と花粉発芽率との関係を調査した。

結 果

1. 寒天培地への柱頭分泌液の添加効果と培養条件

寒天培地に添加するショ糖濃度としては、10%が最適で花粉の発芽率ならびに花粉管長は大となった(第10表)。

寒天培地上の雌花の置床密度が花粉の発芽率に及ぼす効果は、柱頭分泌液の拡散時間とは無関係で、2~3本/cm²で高く、柱頭分泌液の拡散時間は3時間程度で十分と判断された(第11表)。また、その場合の拡散温度としては5~15℃が適当であった(第12表)。

花粉の培養温度は、25~30℃が最適で発芽率が高く、花粉管長も長かった。培養温度に関わらず、7時間以降の発芽率はそれまで以上に高くはならなかった(第13表)。なお、第9図に以上の最適条件を組み合わせた場合の花粉発芽の状態を示した。

2. 雌花採取用の秋果のサイズと花粉の発芽率

横径20mm以下の秋果から採取した雌花を用いて作成した寒天培地では花粉の発芽率が低く、35mm以上の秋果からの雌花で作成した培地では全く発芽しなかった。しかし、横径が20~32mmの範囲の果実から採取した雌花で作成した培地では、花粉の発芽率は70%以上に達した(第10図)。

3. カプリフィッグの夏果の熟度と花粉発芽率

採取した夏果の果肉硬度は1.4~7.7lbと種々に異なっていたが、花粉の発芽率はいずれも70%以上となり、果実の成熟ステージの違いによる有意差はみられなかった(第11図)。

第10表 培地²中のショ糖濃度がイチジク花粉の発芽率および花粉管伸長に及ぼす影響

ショ糖濃度 (%)	発芽率 (%) ^y	花粉管長 (mm) ^y
0	0.0 c ^x	—
5	42.3 b	0.21 b
10	74.3 a	0.30 a
15	44.1 b	0.12 c
20	37.5 b	0.13 c
25	3.4 c	0.06 d
30	0.0 c	—

^x 1%寒天培地に'梔井ドーフィン'の雌花を3本/cm²置床し、10℃で5時間柱頭分泌液を拡散させた培地。

^y 花粉の発芽率および花粉管長は25℃で20時間培養した後に調査。

^x アルファベットはダンカンの多重比較結果(5%水準)。

第 1 1 表 培地²上のイチジク雌花の置床密度および柱頭分泌液の
拡散時間が花粉の発芽率³に及ぼす影響

雌花置床密度 (本/cm ²)	拡散時間 (hr.)			
	1	3	5	7
	%	%	%	%
1	35.9 b ^x	40.5 b	40.7 b	39.6 b
2	66.1 a	81.0 a	80.0 a	79.7 a
3	71.8 a	80.0 a	74.3 a	78.3 a
4	30.5 b	29.5 b	29.9 b	35.6 b

² 1%寒天+10%ショ糖の基本培地で、柱頭分泌液を培地上に拡散させる温度は10℃とした。

³ 花粉の発芽率は25℃で20時間培養した後に調査。

^x アルファベットはダンカンの多重比較結果 (5%水準)。

第 1 2 表 培地²上のイチジク雌花の置床密度および柱頭分泌液の
拡散時間が花粉の発芽率³に及ぼす影響

拡散温度 (℃)	雌花置床密度 (本/cm ²)			
	1	2	3	4
℃	%	%	%	%
5	38.3 ab ^x	74.5 a	78.5 a	54.7 a
10	40.5 a	81.0 a	80.0 a	29.5 b
15	22.9 b	78.0 a	84.6 a	26.0 b
20	2.7 c	24.5 b	33.2 b	24.3 b
25	0.0 c	12.7 b	16.6 b	11.4 b

² 1%寒天+10%ショ糖の基本培地で、柱頭分泌液を培地上に拡散させる時間は3時間とした。

³ 花粉の発芽率は25℃で20時間培養した後に調査。

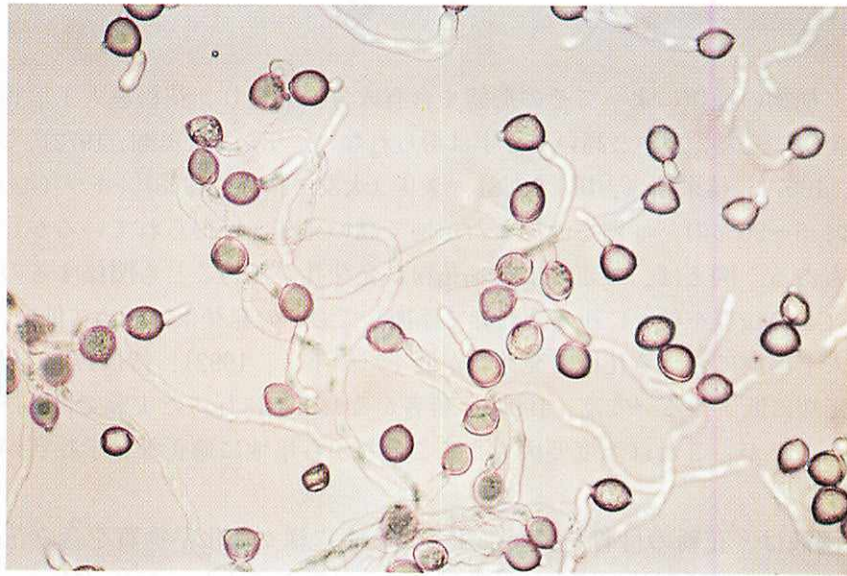
^x アルファベットはダンカンの多重比較結果 (5%水準)。

第 1 3 表 培地²上のイチジク花粉の培養温度および時間が
発芽率および花粉管伸長に及ぼす影響

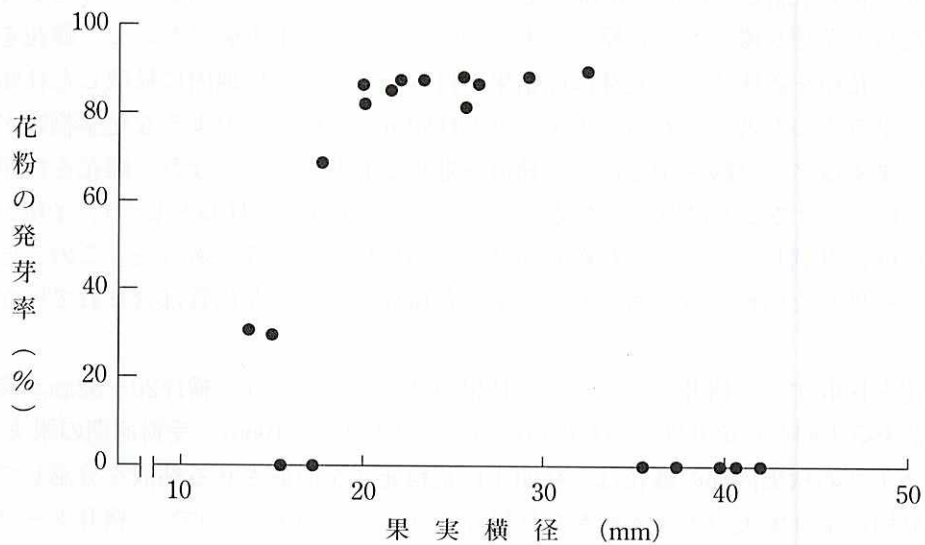
培養時間 (hr.)	培養温度 (℃)						
	15	20	25	30	35	40	45
	%	%	%	%	%	%	%
2	0.0	0.0	0.0	14.4	12.4	0.0	0.0
3	0.0	0.0	2.1	29.8	19.6	0.0	0.0
4	0.0	0.0	23.2	72.1	23.1	3.7	0.0
5	0.0	9.5	57.9	75.9	32.6	5.4	0.0
6	0.0	20.5	71.0	82.5	31.4	5.5	0.0
7	0.0	36.7	78.0	83.1	31.0	10.2	0.0
8	0.0	39.0	78.5	84.0	32.1	11.3	0.0
24	0.0	37.5	79.0	83.3	33.9	12.5	0.0
花粉管長 (mm) ^y	—	0.13	0.30	0.25	0.22	0.10	—

² 1%寒天+10%ショ糖の基本培地に '榊井ドーフィン' の雌花を3本/cm²置床し、柱頭分泌液を10℃で3時間拡散させた培地。

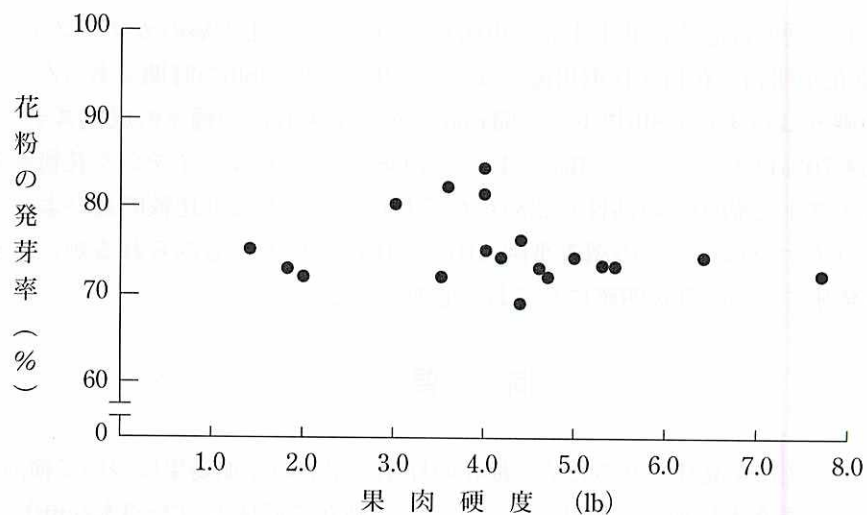
^y 花粉管長は24時間培養した後に調査。



第9図 イチジク柱頭分泌液を添加した寒天培地上におけるイチジク花粉の発芽



第10図 培地作成に用いた‘梣井ドーフィン’の雌花を採取した果実の横径と、その培地でのイチジク花粉の発芽率との関係



第11図 カプリフィッグ型系統‘VC-180’の熟度の異なる夏果の果肉硬度と、その果実から採取された花粉の発芽率との関係

考 察

一般に雌ずいは、植物の種類によってその形態や含有成分が異なり、花粉を人工培養するには添加物質の種類や濃度をそれなりに工夫しないと高い発芽率は得られない。リンゴ（奥瀬，1972），ブドウ（岡崎，1971），ナシ，カキ（脇坂，1967），核果類（吉田，1968），クリ（大友・猪瀬，1968），キウイフルーツ（渡辺・高橋，1989）等の果樹では，5～20%のショ糖を添加した培地で高い発芽率が得られているが，発芽のために複雑な条件を要するものもある。例えば，アボカドでは花粉に発芽孔が無いことも関係するのか（井上ら，1987），基本培地にB，K，Ca，Mg等を種々に組み合わせて添加してもその発芽率は極めて低い（井上・高橋，1991）。また，マンゴーも人工培地における花粉の発芽率が低く（山下ら，1992），特に17.5℃以下や35℃以上の培養温度では発芽率が極端に低下する（安富，1994）。著者がこれまでに行った実験ではイチジク花粉は人工培地上で全く発芽しなかったが，これは温度要因もさることながら培地に適正な化学物質が含まれてなかったためと考えられる。

雌ずいの柱頭分泌液は，花粉の付着を容易にするとともに様々な化学物質を含み花粉の発芽伸長を促す（岩波，1980）。ペチュニアの柱頭分泌液中には数種のアミノ酸が含まれており（KONAR・LINSKENS，1966），ハッサクでは幼蕾柱頭に晩白柚の柱頭粘液を塗布することで自家不和合性が打破され（YAMASHITA，1987），テッポウユリでは柱頭分泌液を添加した培地で花粉の発芽率が大となり（三木，1972），ダイコンでは柱頭や花柱を添加した培地で花粉の発芽が優れた（松原・三木，1992）という。本実験において，雌花を寒天培地上に一定時間置床した後，花粉を置床すると発芽に好結果が得られたのは，培地内に拡散した柱頭分泌液がプラスに作用したことによるものと考えられる。イチジクの柱頭分泌液中にどのような化学物質が含まれているかは不明であるが，まずはアミノ酸を中心に今後検討を進める必要がある。なお，雌花を柱頭（柱頭は極めて小さく，これを花柱と分けることは難しいため，ここでは両者を含めて柱頭とした），子房および花被の3部分に分けて培地作成に供試したところ，花粉が発芽したのは柱頭部のみであった。このことより，子房や花被からは分泌液が浸出しないうえ，仮にあったとしても花粉発芽に有効な物質は含まれていなかったと考えられる。

培地作成用の雌花を採取する‘梶井ドーフィン’秋果のサイズとしては，横径20～32mmが優れていた。このサイズは果実の肥大第Ⅰ期から第Ⅱ期への転換点に当たり（平井ら，1966），受粉適期の果実と推定される。したがって，このサイズの秋果内部の雌花は，柱頭に花粉発芽を促進させる粘液を分泌していると考えられる。イチジクは品種により果実の大きさがかなり異なる（CONDIT，1955）ので，‘梶井ドーフィン’以外の品種の雌花を利用する場合には，前もってどの程度の大きさの果実が適当かを検討した後実験に用いるべきである。なお，花粉培養の最適温度は25～30℃で，これは受粉適期である6月下旬から7月上旬の平均気温と一致していた。

成熟期のイチジク果実の硬度は急速に低下する（中川ら，1982）が，本実験のカプリフィッグ型系統‘VC-180’の夏果の場合，雄花が開葯し花粉が採取可能となるのは果肉硬度約8lbの時期であった。7月8日に一斉収穫した20果の夏果の硬度はいずれも8lb以下で，開葯直後から落果直前の種々の成熟ステージにあったが，花粉の発芽率はいずれも70%以上を示した。BECK・LORD（1988b）によれば，イチジク花粉を室温で貯蔵した場合，30日後のFDAテストで約50%の活性が認められており，その寿命は比較的長いようである。FDAテストについてはヒュウガナツについての調査事例（山下・山口，1992）もみられるが，イチジクにおいてもFDA染色性と花粉発芽について今後明確にしておく必要がある。

摘 要

人工培地上でイチジクの花粉を発芽させるため，雌花の柱頭分泌液の添加効果について検討した。

1. 10%ショ糖を添加した寒天培地に‘梶井ドーフィン’の雌花を置床し（2～3本/cm²），柱頭分泌液を5～15℃で3時間拡散させた後，カプリフィッグ型系統‘VC-180’の花粉を置床して，25～30℃で7時間程

度培養したところ、70%以上の高い発芽率を示し、花粉管伸長も順調であった。

2. 培地に置床する‘梣井ドーフィン’の雌花としては、横径20~32mmの秋果から採取したものが最適であった。

3. ‘VC-180’の夏果の熟度がかなり異なっているにもかかわらず、花粉の発芽率には全く差がみられなかった。

第3節 種子親の受粉最適果実の判定

緒 言

イチジクの人工交配は、種子親の秋果に釘等で穴を開けて、花粉親の夏果から採取した花粉をスポイトで空気とともに種子親の果実内部に挿入する方法で行われる (STOREY, 1975)。効率よく交雑実生を確保するためには受粉適期の果実に人工受粉することが重要で、新梢上の様々な生育ステージの秋果の中から受粉適期果実を判別する必要がある。これまで受粉適期果実は、その外部形態から判断され、果実肥大第ⅠからⅡ期の転換期の (BASKAYA・CRANE, 1950)、淡緑色で指で挟むと弾力のある (STORY, 1975)、果実横径18~24mm程度の大きさの果実 (CRANE *et al*, 1959; BECK・LORD, 1988b) とされている。しかし、新梢各節の秋果の生育ステージを個別に把握することは容易でなく、さらに成熟しても果実横径が20~30mm程度にしかならない‘セレスト’のような品種もあることから、果実肥大パターンや横径で受粉適期を判定する場合、各品種ごとに把握する必要がある。

そこで、いくつかの品種を供試して新梢上の様々な大きさの秋果に人工受粉し、その果実から得られる種子の発芽率を調査し、各品種ごとの受粉適期果実の大きさを明らかにした。また、人工受粉時における個々の果実の横径と内部の雌花の長さとの間で相関関係を調査し、雌花の長さが受粉適期果実判定の指標として利用できるかどうか検討した。

材料および方法

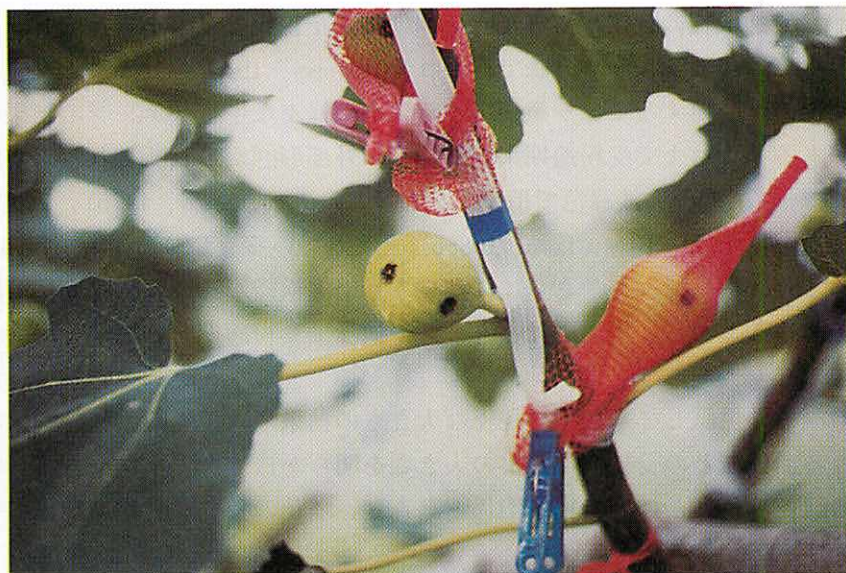
1990年に福岡県農業総合試験場豊前分場に栽植中のカプリフィッグ型品種‘カプリフィッグ6085’の花粉を、スミルナ型‘スタンフォード’、サンペドロ型‘ビオレー・ドーフィン’、普通型‘梣井ドーフィン’の秋果に、1994年にカプリフィッグ型系統‘VC-180’の花粉をスミルナ型‘Gök Lop’、‘Zidi’、‘Umur Bey’、サンペドロ型‘キング’、‘谷川’、‘サン・ペドロ・ホワイト’、普通型‘ロイヤル・ビンヤード’、‘セレスト’、‘カドタ’の秋果に人工受粉した。各品種とも6月下旬から7月上旬に新梢上各節の生育ステージの異なる様々な大きさの秋果に対し人工受粉し、受粉時には個々の果実の横径および内部の雌花の長さ(柱頭から子房までの長さ)を測定した。人工受粉はSTOREY (1975)の方法にしたがい行った(第12図)。各品種とも成熟した果実から全種子を採取し、水洗後ろ紙上に播種し、発芽した種子の割合を調査した。なお、痕跡程度の種子もすべて調査し、スミルナおよびサンペドロ型で受精が良好に行われずに成熟前に落果した果実は、種子の発芽率0%とした。そして、各品種ごとに受粉時の果実横径とその果実から得られた種子の発芽率との関係から受粉適期果実の横径を推定した。さらに、受粉時の果実横径と雌花の長さとの間で回帰分析を行い、受粉適期果実の雌花の長さについて推定した。

結 果

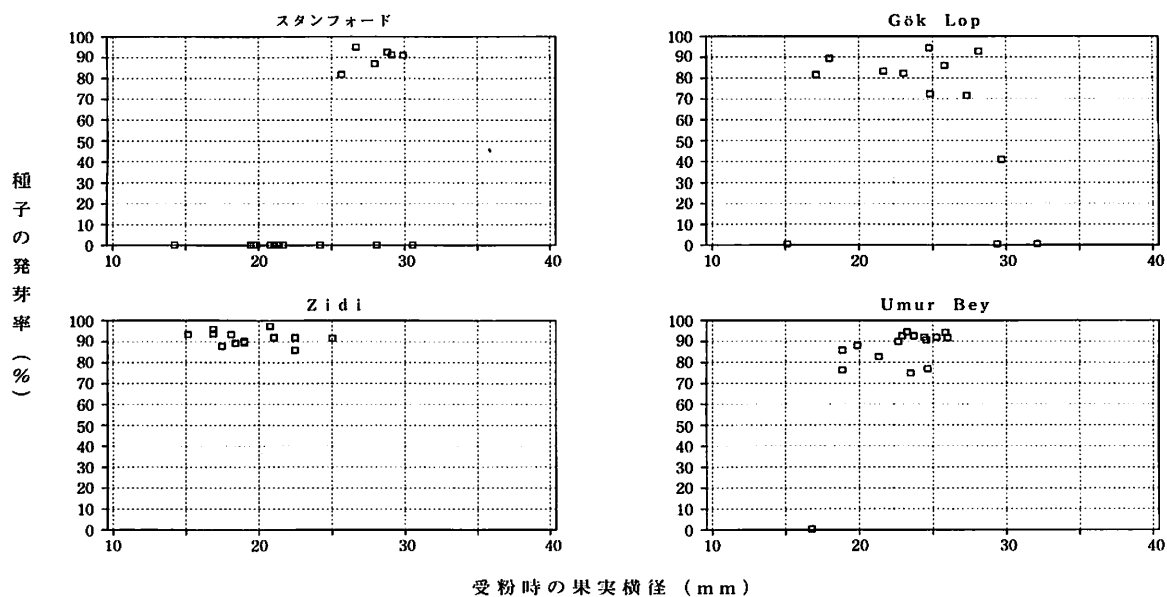
各品種とも受粉時の果実横径によって、その果実から得られる種子の発芽率が異なり、両者の関係は単峰形に近い分布を示す傾向があった(第13-1, -2, -3図)。

すべての品種が受粉時の果実横径とその果実内部の雌花の長さとの間で正の相関が高かった(第14表)。

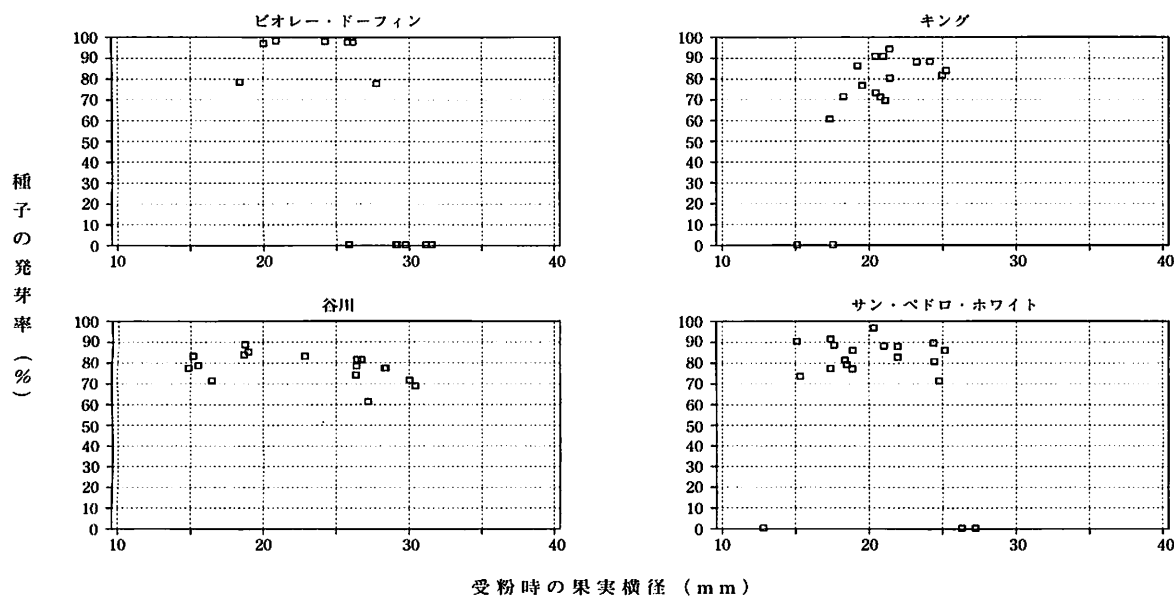
得られる種子の80%以上（但し、全体的に発芽率の低い‘桺井ドーフィン’および‘ロイヤル・ビンヤード’は70%とした）が発芽する果実を受粉適期とみなして、最適な果実横径の範囲を推定すると、各品種とも15～30mmの範囲内にあった。しかし、品種によって最適範囲が異なり、‘スタンフォード’，‘ビオレー・ドーフィン’，‘キング’，‘桺井ドーフィン’ および ‘ロイヤル・ビンヤード’ は果実横径20mm以上が適するのに対し，‘セレスト’ は20mm以下が適した。受粉適期果実を内部の雌花の長さで推定した場合は品種間差が小さく，すべての品種が2～3mmの範囲を共有した（第15表）。



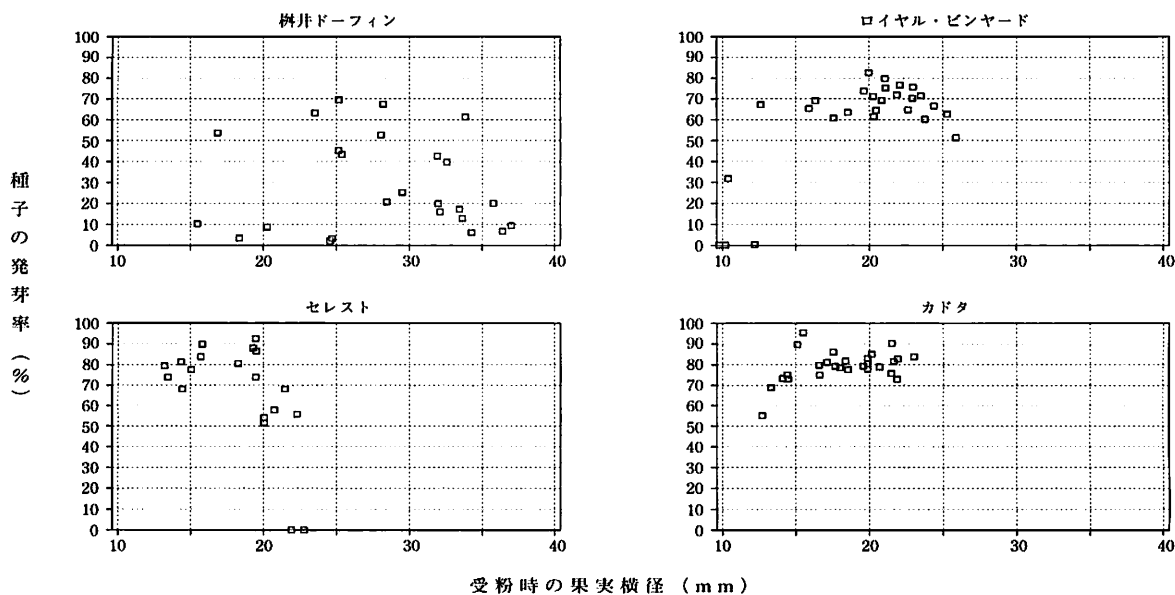
第12図 イチジク‘桺井ドーフィン’の人工受粉した秋果



第13-1図 受粉時の果実横径と、その果実から得られた種子の発芽率との関係 (スミルナ型)



第13-2図 受粉時の果実横径と、その果実から得られた種子の発芽率との関係 (サンペドロ型)



第13-3図 受粉時の果実横径と、その果実から得られた種子の発芽率との関係 (普通型)

第14表 イチジク各品種の受粉時の果実横径と雌花の長さとの相関関係

品 種 名	型 ^z	回帰式 (X横径mm、Y雌花長mm)	相関係数
スタンフォード	S	$Y=0.121X-0.295$	0.982**
Gök Lop	S	$Y=0.123X-1.022$	0.998**
Zidi	S	$Y=0.109X-0.005$	0.989**
Umur Bey	S	$Y=0.081X+0.812$	0.996**
ビオレー・ドーフィン	Sp	$Y=0.127X-0.128$	0.972**
キング	Sp	$Y=0.083X+0.862$	0.999**
谷川	Sp	$Y=0.104X+0.127$	0.946**
サン・ペドロ・ホワイト	Sp	$Y=0.098X+0.359$	0.972**
榊井ドーフィン	C	$Y=0.092X+0.055$	0.960**
ロイヤル・ピンヤード	C	$Y=0.133X-0.158$	0.979**
セレスト	C	$Y=0.158X+0.109$	0.988**
カドタ	C	$Y=0.133X-0.159$	0.953**

^z Sはスミルナ, Spはサンペドロ, Cは普通。

** 1%水準で有意。

第15表 イチジク各品種の受粉適期果実の横径と雌花の長さの範囲

品 種 名	型 ^z	果実横径 (mm) ^y	雌花長 (mm) ^x
スタンフォード	S	25.8~29.8 (4.0) ^w	2.83~3.31 (0.48)
Gök Lop	S	16.6~27.9 (11.3)	1.03~2.41 (1.38)
Zidi	S	15.1~25.0 (9.9)	1.64~2.72 (1.08)
Umur Bey	S	18.7~25.9 (7.2)	2.32~2.90 (0.58)
ビオレー・ドーフィン	Sp	20.0~26.2 (6.2)	2.41~3.20 (0.79)
キング	Sp	19.3~25.4 (6.1)	2.46~2.96 (0.50)
谷川	Sp	18.7~26.8 (8.1)	2.07~2.91 (0.84)
サン・ペドロ・ホワイト	Sp	15.2~25.2 (10.0)	1.85~2.84 (0.98)
榊井ドーフィン	C	25.1~28.2 (4.7)	2.36~2.65 (0.29)
ロイヤル・ピンヤード	C	19.7~23.4 (3.7)	2.47~2.96 (0.49)
セレスト	C	13.3~19.6 (6.3)	2.21~3.21 (1.00)
カドタ	C	15.1~22.9 (7.8)	1.85~2.89 (1.04)

^z Sはスミルナ, Spはサンペドロ, Cは普通。

^y 採取された種子の発芽率が80%以上となった果実の受粉時の横径の最小値~最大値を示す。但し、全体的に発芽率が低かった‘榊井ドーフィン’と‘ロイヤル・ピンヤード’については70%以上となった果実で表示。

^x 第14表の回帰式から求めた果実横径に対応する雌花の長さの最小値~最大値を示す。

^w () 内数字は最大値-最小値。

考 察

イチジクは隠花果をなし、果実と雌花の肥大は並行して行われる(平井, 1966)。本実験でも受粉時の生育ステージの異なる果実の横径とその内部の雌花の長さは有意に相関が高く、果実の横径から内部の雌花の長さは容易に推定できる。これまで、受粉適期果実は握った時の弾力性や横径等の外部形態から判断されているが、果実肥大第Ⅰ期の幼果は内部の雌花の発達が不十分ですべて弾力性があり、さらに本実験で受粉適期の果実横径の範囲は品種間差があることから、これらは汎用的な指標となりにくいと考えられる。実際の交配の場面では、新梢上の生育ステージの異なる多数の果実に人工受粉することで、その何れかが受粉適期果

実に当たり、イチジクは一つの果実内に多数の小花が存在するため必要な種子数は確保できると考えられる。しかし、交配用の花粉量が少ない場合や、同時期に多数の組合せの交配を行う場合には、的確に受粉適期果実を判別して効率よく人工受粉する必要がある。本実験で、雌花の長さを指標として受粉適期を判断した場合には品種間差が小さく、2～3mmが各品種共通の適期範囲であった。したがって、雌花の長さは受粉適期判定の指標として利用できると考えられる。人工受粉は果実に穴を開けて花粉を挿入する方法で行われるため、穴を開けた際に内部から雌花を数本採取し、長さを測定することは十分可能である。

摘 要

稔性のある種子を多く生産できる受粉に適した種子親の果実の生育ステージを判定するため、カプリフィッグ型品種の花粉が採取できる6月下旬から7月上旬に、フィッグ型12品種の様々な大きさの秋果に人工受粉し、各品種ごとに受粉時の果実横径および雌花の長さ、その果実から得られた種子の発芽率との関係を調査した。

1. 得られる種子の発芽率が高くなる受粉最適果実の横径範囲は品種間差があった。
2. すべての品種で果実内部の雌花の長さが2～3mmの生育ステージの果実が受粉に適しており、雌花の長さは受粉最適果実の指標として利用できた。

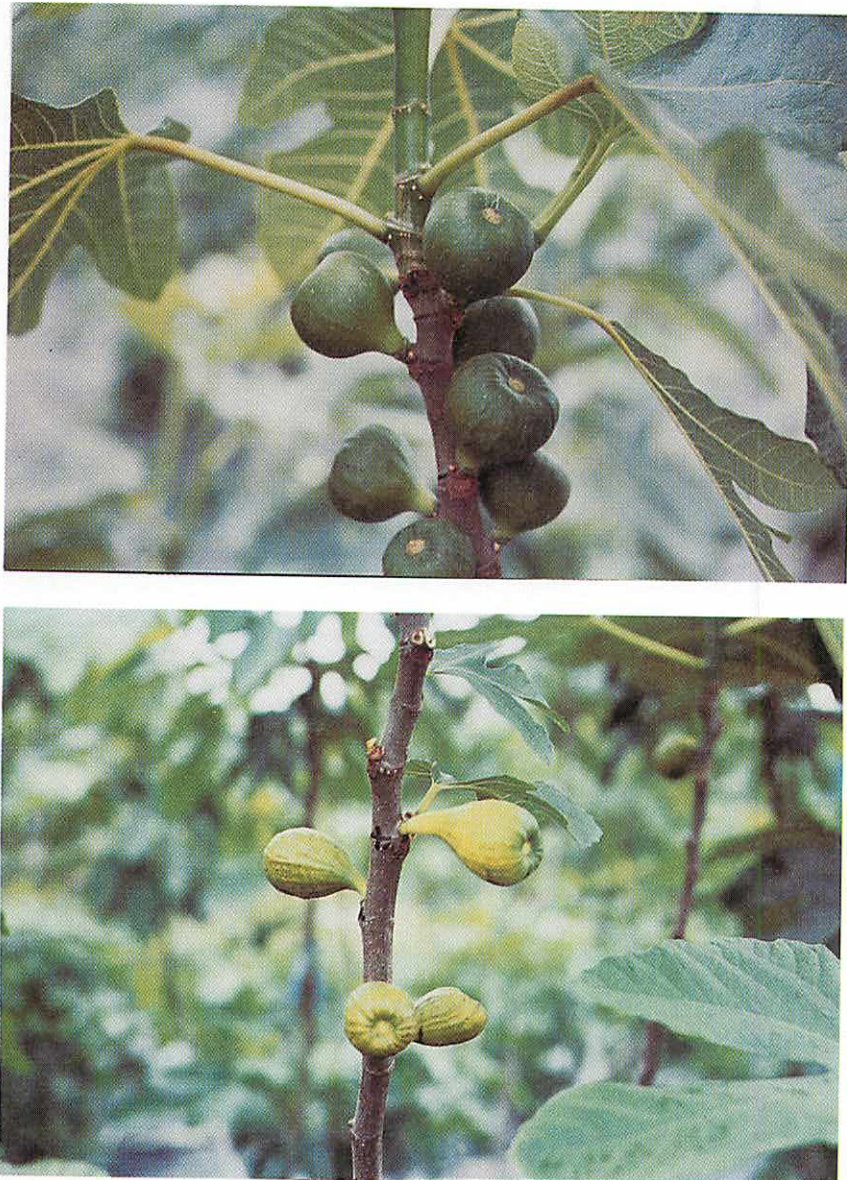
第4章 イチジクF₁における果実諸形質の出現頻度の特性

第1節 単為結果性F₁個体の出現頻度に及ぼす種子親の影響

緒 言

受粉樹となるカプリフィック型品種がほとんどなく、花粉媒介昆虫の存在しないわが国では、交雑育種により育成した品種が経済栽培されるためには単為結果性をもつことが必須条件である（第14図）。そのためには、単為結果性の遺伝様式を明らかにし、それに基づく交配を進める必要がある。これまでイチジクの単為結果性の遺伝は、種子親とは無関係に、花粉親となるカプリフィック型品種の遺伝子型によってのみ支配されるとされている（SALEEB, 1965）。しかし、イチジクの単為結果性の発現は同一品種でも栽培地の気象条件によって異なることもある（CONDIT, 1938）。

そこで、同一のカプリフィック型品種を花粉親として、単為結果性の異なるスミルナ、サンペドロおよび普通型の各品種と交配し、種子親の違いがF₁における単為結果性を持つ個体の出現頻度に及ぼす影響について検討した。



第14図 イチジク交雑実生における夏果が単為結果する個体（上）と単為結果しない個体（下）

材料および方法

1989年に、福岡県農業総合試験場豊前分場で、スミルナ型‘スタンフォード’、‘サリ・ロップ’、サンペドロ型‘ビオレー・ドーフィン’および普通型‘榊井ドーフィン’、‘蓬萊柿’を種子親とし、夏果の単為結果性が不完全で、年によってはまったく単為結果しないカプリフィッグ型品種の‘カプリフィッグ6085’を花粉親として交配した。交配は、花粉親の夏果の成熟期である7月上旬に、STOREY (1975)の方法にしたがい行った。熟期に達した種子親の秋果から採取した種子は、直ちに播種し加温施設内で交雑実生を早期に育成して、各交配組合せそれぞれ100~200個体の交雑実生苗を1990年4月に圃場に定植した。

1992から1994年に、果実が着生したすべての実生について、その果実内部の雄花着生の有無による形態的な差異からカプリフィッグ型とフィッグ型とに区分した。さらに各実生とも夏果と秋果について、樹上の果実が放任状態で成熟可能かどうかを調査し単為結果性の有無を判定した。これらの結果から、各交配組合せごとにF₁における単為結果性をもつ個体の出現頻度を求めた。1994年までに果実が着生しなかった実生は調査対象から除外し、3年間に1度でも果実が樹上で成熟した個体は単為結果性があるとみなした。

各実生とも夏果については前年生枝3~5本を供試して結実率(5月中下旬の生理落果期以降の残存果数/全果数×100)を3年間調査し、その平均値を各実生固有の単為結果性の強弱の程度とみなし、各組合せのF₁ごとの雌雄別にその頻度分布を調査した。さらに、種子親および花粉親とした6品種に加え、サンペドロ型‘谷川’、‘サン・ペドロ・ホワイト’、‘キング’および普通型‘ブラウン・ターキー’の各品種の夏果についても同様に結実率を調査した。また、種子親とした5品種については、各品種ごとに5本の新梢上に着生した秋果のうち成熟した果数の割合を3年間調査し、秋果の単為結果による結実率を求めた。なお、各実生の秋果については単為結果性をもつ個体は、既存の普通型品種と同様に、新梢上に着生したほとんどすべての果実が連年安定して結実したため、単為結果性の強弱については調査項目から除外した。

結 果

1. F₁における単為結果性をもつ個体の出現頻度に及ぼす種子親の影響

調査対象とした実生数は組合せごとに多少異なるが、雌雄比はほぼ1:1であった(第16表)。カプリフィッグ型では、夏果が単為結果する個体の出現頻度は、種子親がサンペドロ型‘ビオレー・ドーフィン’の後代で最も高く、次いで普通型‘榊井ドーフィン’、‘蓬萊柿’の順で各種子親の夏果の単為結果による結実率の高低の順と対応していた。また、スミルナ型‘スタンフォード’と‘サリ・ロップ’が種子親の後代では夏果が単為結果する個体は出現しなかった(第17表)。

フィッグ型では、夏果が単為結果する個体の出現頻度は、夏秋果とも単為結果したものを含めると‘ビオレー・ドーフィン’、‘榊井ドーフィン’および‘蓬萊柿’が種子親の後代で同程度(14~20%)であったが、秋果が単為結果する個体の出現頻度は普通型品種が種子親の後代で高かった。しかし、スミルナ型品種が種子親の後代では夏果が単為結果する個体はなく、秋果が単為結果する個体も少なかった(第17表)。

なお、すべてのカプリフィッグ型の実生において、秋果は新梢上に分化しても肥大生長しなかったため、秋果の単為結果性は判定できなかった。

2. F₁における夏果の単為結果性の強弱に及ぼす種子親の影響

各F₁とも、前年生枝1本あたりに着生する夏果数は、カプリフィッグ型の実生の方がフィッグ型の実生より多い傾向があった(第18表)。

各F₁の雌雄株ともに全体的に夏果の結実率が低く単為結果性の弱い個体が多かったが、夏果の単為結果性が比較的強い個体の出現頻度は、カプリフィッグ型では‘ビオレー・ドーフィン’と‘榊井ドーフィン’が種子親の後代で、フィッグ型では普通型品種の‘榊井ドーフィン’と‘蓬萊柿’が種子親の後代で高かった(第19、20表)。

3. 交雑実生および既存品種における夏果の単為結果による結実率の年次変動

夏果が単為結果する個体が出現した‘ビオレー・ドーフィン’×‘カプリフィッグ6085’、‘梶井ドーフィン’×‘カプリフィッグ6085’、および‘蓬萊柿’×‘カプリフィッグ6085’のF₁の中から、夏果の単為結果による結実率の程度が異なるいくつかの実生と、既存品種における夏果の結実率の年次変動を第21表に示した。

各実生の夏果の結実率の年次変動は、結実率が低いものほど大きい傾向にあった。また既存品種では、サンペドロ型で結実率の年次変動が大きい品種のあることと、普通型では結実率に品種間差のあることが認められた。

第16表 イチジクの各交配組合せにおける雌雄別の調査実生数

種子親	×花粉親	実生数 ^z			雌雄の期待比	χ ² 検定	
		合計	雄	雌		χ ²	P
スタンフォード (S) ^y	×カプリフィッグ6085	115	59	56	1:1	0.078	0.7~0.8
サリ・ロップ (S)	×カプリフィッグ6085	81	43	38	1:1	0.309	0.5~0.7
ビオレー・ドーフィン (Sp)	×カプリフィッグ6085	196	102	94	1:1	0.327	0.5~0.7
梶井ドーフィン (C)	×カプリフィッグ6085	117	55	62	1:1	0.419	0.5~0.7
蓬萊柿 (C)	×カプリフィッグ6085	161	89	72	1:1	1.795	0.1~0.2

^z 雄はカプリフィッグ型の、雌はフィッグ型の実生数。

^y () 内は、S: スミルナ, Sp: サンペドロ, C: 普通の各型。

第17表 各交配組合せのF₁における雌雄および夏秋果別の単為結果性個体の出現頻度

組合せ ^z	カプリフィッグ型			フィッグ型				単為結果性 ^u 個体出現率	種子親 ^t	
	雄計	夏果 ^y	非単 ^v	雌計	夏果 ^y	秋果 ^x	夏秋 ^w		夏果	秋果
S×C	59	0 (0) ^s	59 (100)	56	0 (0)	10 (18)	0 (0)	8.7	0	0
Sa×C	43	0 (0)	43 (100)	38	0 (0)	2 (5)	0 (0)	2.5	0	0
V×C	102	41 (40)	61 (60)	94	10 (11)	21 (22)	5 (5)	39.3	86	0
M×C	55	14 (26)	41 (74)	62	1 (2)	32 (52)	11 (18)	49.6	36	100
H×C	89	7 (8)	82 (92)	72	1 (1)	38 (53)	9 (13)	34.2	14	100

^z S: スタンフォード, Sa: サリ・ロップ, V: ビオレー・ドーフィン, M: 梶井ドーフィン, H: 蓬萊柿, C: カプリフィッグ6085。

^y 夏果だけが単為結果した個体数。 ^x 秋果だけが単為結果した個体数。

^w 夏果と秋果の両方が単為結果した個体数。 ^v 非単為結果性の個体数。

^u 個体総数 (雄計+雌計) に対する単為結果性個体の割合。

^t 各種子親の夏果と秋果の単為結果による結実率。

^s () 内は各計に対する各個体の割合。

第18表 イチジクの各交配組合せのF₁の雌雄個体別の前年生枝当たり夏果数

組合せ ^z	カプリフィッグ型			フィッグ型		
	個体平均	最大	最小	個体平均	最大	最小
S×C	3.4±1.7 ^y	8.0	1.0	1.7±0.8	4.5	1.0
Sa×C	3.0±2.6	10.5	1.0	1.5±0.6	3.0	1.0
V×C	7.2±3.8	16.8	1.0	2.2±1.3	5.7	1.0
M×C	3.8±2.3	9.0	1.0	1.9±0.8	4.0	1.0
H×C	4.2±1.9	10.5	1.0	2.5±1.3	6.6	1.0

^z 第17表と同様。 ^y 平均値±標準偏差。

第19表 イチジクの各交配組合せのF₁の雄個体における夏果の
単為結果による結実率の出現頻度分布

組合せ ^z	個体 総数	夏果の結実率(%)の階級					種子親 ^y	
		X=0	0<X≤25	25<X≤50	50<X≤75	75<X≤100	夏果	秋果
S×C	59	59(100)*	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0
Sa×C	43	43(100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0
V×C	102	61(60)	33(32)	3(3)	3(3)	2(2)	86	0
M×C	55	41(79)	4(7)	6(11)	2(4)	2(4)	36	100
H×C	89	82(92)	2(2)	4(4)	1(1)	0(0)	14	100

^{z, y} 第17表と同様。 * 総数に対する割合。

第20表 イチジクの各交配組合せのF₁の雌個体における夏果の
単為結果による結実率の出現頻度分布

組合せ ^z	個体 総数	夏果の結実率(%)の階級					種子親 ^y	
		X=0	0<X≤25	25<X≤50	50<X≤75	75<X≤100	夏果	秋果
S×C	56	50(100)*	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0
Sa×C	38	38(100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0	0
V×C	94	78(83)	7(7)	7(7)	2(2)	0(0)	86	0
M×C	62	50(81)	1(2)	6(10)	3(5)	2(3)	36	100
H×C	72	62(86)	4(6)	2(3)	3(4)	1(1)	14	100

^{z, y} 第17表と同様。 * 総数に対する割合。

第21表 イチジク各交雑実生および品種の夏果の単為結果による
結実率の年次変動

系統番号 ^z および 品種名	雌雄 および 型	夏果の結実率(%)				変動 係数 (%)
		1992年	1993年	1994年	平均	
MC-13	♂	0	8	14	7	96
VC-114	♂	0	19	10	10	98
HC-202	♂	7	25	16	16	46
VC-197	♂	50	33	44	42	20
HC-234	♂	80	63	46	63	22
VC-180	♂	73	53	74	67	15
VC-161	♂	79	83	83	82	3
MC-87	♂	88	79	89	85	6

VC-122	♀	0	33	7	13	130
MC-111	♀	40	25	10	25	60
VC-252	♀	25	40	33	32	25
HC-103	♀	50	35	20	35	35
VC-70	♀	50	63	76	63	21
HC-61	♀	80	75	70	75	5
MC-95	♀	94	75	85	85	11

カブリフィッグ6085	♂ (カブリフィッグ)	2	0	16	6	145
スタンフォード	♀ (スミナ)	0	0	0	0	—
サリ・ロップ	♀ (スミナ)	0	0	0	0	—
サン・ペドロ・ホワイト	♀ (サンペドロ)	31	90	78	66	47
谷川	♀ (サンペドロ)	60	90	64	71	23
ビオレー・ドーフィン	♀ (サンペドロ)	85	83	90	86	4
キング	♀ (サンペドロ)	100	88	94	94	6
蓬萊柿	♀ (昔通)	0	27	16	14	95
榊井ドーフィン	♀ (昔通)	44	31	33	36	19
ブラウン・ターキー	♀ (昔通)	75	68	67	70	6

^z MC: 榊井ドーフィン×カブリフィッグ6085, VC: ビオレー・ドーフィン×カブリフィッグ6085, HC: 蓬萊柿×カブリフィッグ6085の各交雑実生。

考 察

イチジクの雌雄性の遺伝は、一对の対立遺伝子により支配され、雄性が雌性に対し優性であり、劣性ホモのフィッグを種子親とすると、花粉親のカプリフィッグの遺伝子型がヘテロのF₁雌雄比は1:1になる(STOREY, 1975)。本実験でも各組合せともF₁で雌雄が約半数ずつ出現したことから、花粉親の‘カプリフィッグ6085’の雌雄性の遺伝子型はヘテロであると考えられる。また、各F₁とも夏果の着生数はカプリフィッグ型の方がフィッグ型より多く、この特性は果実内部を調査する前の雌雄判定の材料になると思われた。イチジクは新梢上で分化の初期に生長を停止した秋果が翌年の夏果になることから、新梢上に分化した秋果が生長しにくいカプリフィッグ型では、それらの果実がすべて翌年の夏果になるのではないかと考えられる。

イチジクでは、フィッグ型品種の単為結果性は受粉しなくても果実が着果成熟するかどうかで判定される(CONDIT, 1938)。カプリフィッグ型品種については、花粉媒介昆虫が虫えい花に産卵しゴールが形成されることや、受粉により虫えい花に種子が形成されることで果実の生理落果が防止され成熟するのが一般的である(GALIL, 1977; NEEMAN・GALIL, 1978)。しかし、これらの刺激なしに果実が成熟する品種のあることが古くから知られており(CONDIT, 1942)、花粉媒介昆虫が存在しない条件下で着果成熟するかどうかで単為結果性の有無を判定できる。本実験の花粉親の‘カプリフィッグ6085’は、福岡県農業総合試験場豊前分場の栽培条件下で、夏果の結実率が10%前後と低く年によっては全く結実しなかったことから、単為結果性が不完全な品種であると考えられる。

これまでイチジクの単為結果性の遺伝は、一对の対立遺伝子が関与し、種子親の遺伝子型とは無関係に、単為結果性をもつカプリフィッグ型品種を花粉親とした場合に限りF₁において単為結果性をもつ個体が半数出現するとされている(SALEEB, 1965)。しかし、本実験では単為結果性が不完全なカプリ型品種を花粉親として用いた結果、単為結果性のないスミルナ型品種を種子親としたF₁では単為結果性の個体がほとんど出現しなかったが、単為結果性をもつサンペドロ型や普通型品種を種子親としたF₁においては、単為結果性をもつ個体がかんりの頻度で出現した。さらに、F₁を雌雄に区分して各個体の夏果と秋果の単為結果性を調査した結果、種子親の夏果と秋果の単為結果性の特性がF₁の単為結果性の発現に影響することが認められた。

一般的に無核果実の結実は内生ホルモン含量が関与し、遺伝的な形質といわれている(NITSCH, 1970)。イチジクではこれまでスミルナ型と普通型品種との間の秋果のオーキシン含量の差(CRANE *et al*, 1959)や、サンペドロ型‘キング’の夏果と秋果間のオーキシンおよびジベレリン含量の差(LODHI *et al*, 1969)について検討がなされている。しかし、単為結果の有無と内生ホルモン含量との間に一定の関係は得られていない。さらに、イチジクの単為結果性の発現は、栽培地の環境条件や年次によってかなり異なり、例えば普通型品種では秋果の単為結果性の強弱が空気中の湿度条件に影響されることや(CONDIT, 1938)、サンペドロ型の‘キング’は生育期の空気中の湿度が高い海洋性の気候条件下では多くの秋果が単為結果することが報告されている(CONDIT, 1955)。わが国でも、‘柗井ドーフィン’や‘蓬萊柿’の夏果の肥大期に降水量が多い年は結実率が高くなることや、‘キング’では一部の秋果が単為結果することがしばしば圃場で観察され、本実験でも既存品種の夏果の単為結果による結実率に年次変動や品種間差が認められた。したがって、イチジクの単為結果の有無は主働遺伝子によって支配されていると考えられるが、交雑実生や品種間に単為結果性の強弱があることから、同義遺伝子あるいはポリジーンが関与していることも考えられる。さらにこれら遺伝的要因に環境要因が加わって複雑に発現されており、栽培地の環境条件の違いにより単為結果性の有無や強弱の程度が異なって判定される可能性がある。

以上のことに加え、カプリフィッグは本来年間3回果実が結実するが(CONDIT, 1928)、福岡県農業総合試験場豊前分場のカプリフィッグ型の実生については、秋果は分化しても肥大生長しなかったため単為結果性が判定できなかった。カプリフィッグ型の秋果が肥大しない現象はフランスでも認められており、温帯地域の冷涼な気候条件がその原因ではないかと考えられている(VALDEYRON・LLOYD, 1979)。これらのことから、本実験の結果だけから単為結果性の遺伝様式を論じることはできない。

わが国においてイチジクの育種を行なう場合は、フィッグ型で秋果が単為結果する優良個体の育成が最も

重要であるが、同時に交雑育種の花粉親となるカプリフィッグ型の優良個体の育成も不可欠である。特にカプリフィッグの夏果は秋果より豊産性で花粉量も多く、受粉に利用されることや (STOREY・CONDIT, 1969), 前記のSALIEB (1965) の単為結果の遺伝様式に関する知見からも、カプリフィッグの夏果の単為結果性の強弱は育種上重要な形質である。本実験の結果で、単為結果性が不完全なカプリ型品種が花粉親の場合、F₁においてフィッグ型で秋果が単為結果する個体数を多くするには普通型品種を種子親として用いるのがよく、カプリフィッグ型で夏果の単為結果性が強い個体数を多くするには、サンペドロ型や夏果の単為結果性が強い普通型品種を種子親として用いる方がよいことが明らかとなった。このことは、今後のイチジクの交雑育種における交配計画を立てる上で参考にできる。

本実験では花粉親が1品種のみで、しかも交配組合せ数も少ないことから、単為結果性の遺伝様式を検討するに至らなかった。今後、単為結果性の強い花粉親の選定や、より多くの種子親を用いて交配を行い、そのF₁における単為結果性の発現から、わが国の環境条件下における単為結果性の遺伝様式を明らかにする必要がある。

摘 要

イチジクのF₁における種子親の違いが単為結果性をもつ個体の出現頻度に及ぼす影響を明らかにするために、フィッグ型数品種を種子親とし、単為結果性が不完全なカプリフィッグ型品種 ‘カプリフィッグ6085’ を花粉親として交配し、F₁をカプリフィッグ型 (雄株) とフィッグ型 (雌株) に区分しそれぞれの夏果と秋果の単為結果性を調査した。

1. カプリフィッグ型で夏果が単為結果する個体の出現頻度は、サンペドロ型や夏果の単為結果性の強い普通型品種が種子親の後代で高かった。

2. フィッグ型で秋果が単為結果する個体の出現頻度は、普通型品種が種子親の後代で高かった。

3. 単為結果性のないスミルナ型品種が種子親の後代では、単為結果する個体の出現頻度は極めて低かった。

第2節 F₁の果重と果汁の屈折計示度の雌雄および夏秋果間差

緒 言

わが国のイチジク栽培では、‘梶井ドーフィン’ と ‘蓬萊柿’ が主要品種である。両品種とも他品種と比較して果実が大きく収量も多いが、肉質が粗く果汁の屈折計示度が低い等の品質面での欠点があり、近年、果実が両品種程度に大きくしかもより高品質な品種の育成が望まれている。

交雑育種において大果性と高糖性を育種目標とする場合、果重や果汁の屈折計示度に関する遺伝率を明らかにしておく必要があるが、イチジクにおいて両形質の遺伝に関する報告はこれまでにない。通常、交配はカプリフィッグ型 (雄株) 品種の夏果から花粉を採取し、フィッグ型 (雌株) 品種の秋果に人工受粉することで行われる。さらに、フィッグ型品種では着生数の多い秋果が主に生産対象となるが夏果も一部食用として利用される。したがって、雌雄および夏秋果の別に、果重や果汁の屈折計示度の遺伝率を明らかにする必要がある。そのためには、まずF₁における両形質の雌雄および夏秋果間の差を明らかにする必要がある。

そこで、異なる交配組合せから得られた9家系の交雑実生を用いて、果重と果汁の屈折計示度について、雌雄および夏秋果別に家系平均を求め、各家系内で比較した。さらに、両形質の家系平均と中間親との相関関係についても検討した。

材料および方法

福岡県農業総合試験場豊前分場に栽植中の、第22表に示した各交配組合せからの9家系の交雑実生とその交配親品種・系統について、各交配親品種は2樹、その他は1樹を供試した。

VC, MC, HCの3家系の交雑実生は1991から1994年の4年間（1994年で5年生）、M106, M119, M180, H106, H119, H180の6家系の交雑実生は1995年の1年間（1995年で3年生）、各交配親品種は1991から1995年の5年間（1995年で6～8年生）、各交配親系統は1992から1995年の4年間（1995年で6年生）、果重と果汁の屈折計示度（Brix）を調査した。

第22表 イチジクの各家系における果実タイプ別の調査実生数

家系名	種子親 (フィッグ型)	花粉親 (カプリフィッグ型)	各タイプの果実が結実した実生数		
			カプリフィッグ 型夏果	フィッグ 型夏果	フィッグ 型秋果
VC	ビオレー・ドーフィン	× カプリフィッグ6085	65	26	37
MC	榊井ドーフィン	× カプリフィッグ6085	17	21	45
HC	蓬萊柿	× カプリフィッグ6085	20	22	57
M106	榊井ドーフィン	× VC-106 ²	29	7	45
M119	榊井ドーフィン	× VC-119 ²	27	12	40
M180	榊井ドーフィン	× VC-180 ²	12	3	59
H106	蓬萊柿	× VC-106	6	4	17
H119	蓬萊柿	× VC-119	13	7	49
H180	蓬萊柿	× VC-180	19	4	53

* 'VC-106', 'VC-119' および 'VC-180' は, 'ビオレー・ドーフィン' × 'カプリフィッグ6085' の交雑実生から選抜したカプリフィッグ型系統。

各調査個体とも、毎年、夏果は6月下旬から7月上旬に、秋果は8月下旬から11月上旬にかけて熟期に達した果実を連日収穫した。果重については全収穫果の個数と重量から平均1果重を求めた。屈折計示度は各収穫日ごとに1果を供試し、果実赤道部の果汁を糖用の屈折計で測定し、全収穫期間における平均値を求めた。なお、各交雑実生および交配親品種・系統とも単為結果した果実を調査したが、サンペドロ型の'ビオレー・ドーフィン'の秋果は、単為結果性がないために人工受粉により結実させたものを用いた。また、カプリフィッグ型の秋果はすべての個体において、花序の分化後の肥大生長が認められなかったため調査できなかった。

各交雑実生から得られる果実は、雌雄および夏秋果の別により、カプリフィッグ型の夏果、フィッグ型の夏果およびフィッグ型の秋果の3タイプに区分した。果重と屈折計示度は、果実タイプ別の家系平均を求め各家系内で比較すると同時に、両形質の交配親および中間親の値と比較した。各家系における果実タイプ別の調査実生数は第22表のとおりであるが、フィッグ型の夏果と秋果については両方結実した個体を重複して含めた。

両形質とも、各果実タイプの家系平均を求める際には、VC, MC, HCの3家系では各個体の4年間の平均値を用いたが、他の6家系では各個体の単年の調査結果を用いた。そこで、調査年次を反復できたVC, MC, HCの3家系から、カプリフィッグ型で夏果が1991から1993年の3年間連続して結実した17系統と、フィッグ型で秋果が1992から1994年の3年間連続して結実した17系統の調査結果を利用し、山田・栗原（1984）および佐藤ら（1993）の方法に準じて、果重と屈折計示度の反復率を調査し、単年の調査結果の信頼性を検討した。反復率は、系統と年次を二要因とした二元配置の分散分析の結果から、全分散に対する系統分散の割合とした。また、各交配親品種および系統は、それぞれ5および4年間の両形質の平均値を求め比較に用いた。中間親は、種子親の夏果と秋果および花粉親の夏果から得られたデータを利用して、中間親1（種子親夏果と花粉親夏果の果重の平均値）、中間親2（種子親秋果と花粉親夏果の果重の平均値）、中間親3（種子親夏

果と花粉親夏果の屈折計示度の平均値) および中間親 4 (種子親秋果と花粉親夏果の屈折計示度の平均値) の 4 値を求め用いた。さらに、9 家系から得られた両形質の果実タイプ別の家系平均と中間親との間で回帰分析を行った。

結 果

1. 交雑実生における果重および果汁の屈折計示度の年次変動

カプリフィッグ型の夏果およびフィッグ型の秋果とも、果重は年次変動が小さく反復率が高かったが、屈折計示度は年次変動が大きく反復率が低かった (第 2 3-1, -2 表)。

屈折計示度の全個体平均値は 1993 年が低く、フィッグ型の秋果では有意差が認められた。しかし各系統の単年の測定値は、3 年間の平均値との間に高い相関が認められた (第 2 4 表)。

2. 果重の家系平均における雌雄および夏秋果間差

MC 以外の 8 家系で、カプリフィッグ型の夏果が最も小さく、H106, H119 以外の 7 家系でフィッグ型の夏果が最も大きかった。さらに HC, M106, M119, M180, H180 の 5 家系で、果重の大きい方から、フィッグ型の夏果 > フィッグ型の秋果 > カプリフィッグ型の夏果、の順となった。カプリフィッグ型の夏果とフィッグ型の夏果との間では VC, MC, HC, M119, M180, H180 の 6 家系で有意差が認められたが、カプリフィッグ型の夏果とフィッグ型の秋果およびフィッグ型の夏果と秋果との間で有意差が認められたのは、それぞれ H119, H180 の 2 家系および VC, MC, HC の 3 家系と少なかった。また、すべての家系で各果実タイプの家系平均が中間親より小さく、‘蓬萊柿’ が種子親あるいは ‘VC-180’ が花粉親である M180, H106, H119, H180 の 4 家系のカプリフィッグ型の夏果は花粉親よりも小さかった (第 2 5 表)。

3. 果汁の屈折計示度の家系平均における雌雄および夏秋果間差

すべての家系で、果汁の屈折計示度が高い方から、フィッグ型の秋果 > フィッグ型の夏果 > カプリフィッグ型の夏果、の順となった。カプリフィッグ型の夏果とフィッグ型の夏果との間では M119, H106 以外の 7 家系で、カプリフィッグ型の夏果とフィッグ型の秋果との間ではすべての家系で有意差が認められた。さらに、フィッグ型の夏果と秋果との間でも VC, MC, HC, M119, H106, H119 の 6 家系で有意差が認められた。また、カプリフィッグ型の夏果は、すべての家系で中間親より低く、VC, MC, HC, M180, H119, H180 の 6 家系では花粉親よりも低かった。フィッグ型の夏果は、すべての家系で中間親より高かったが、‘ピオレー・ドーフィン’ および ‘蓬萊柿’ を交配親とする VC, HC, H106, H119, H180 の 5 家系では種子親の夏果より低かった。フィッグ型の秋果は、すべての家系で中間親および種子親の秋果より高かった (第 2 6 表)。

4. 果重と果汁の屈折計示度における各果実タイプ別の家系平均と中間親との相関関係

果重については、各果実タイプとも中間親 1 および 2 との間で正の相関が認められる傾向があった。特に、カプリフィッグ型の夏果とフィッグ型の夏果は中間親 1 と、フィッグ型の秋果は中間親 2 との間にそれぞれ有意な極めて高い相関が認められた (第 2 7 表)。果汁の屈折計示度については、カプリフィッグ型の夏果は中間親 3 および 4 との間で高い相関は得られなかった。しかし、フィッグ型の夏果と秋果は中間親 3 および 4 とともに正の相関が認められ、特にフィッグ型の夏果は中間親 4 と、フィッグ型の秋果は中間親 3 との間に有意な高い相関が認められた (第 2 7 表)。

カプリフィッグ型とフィッグ型の夏果の果重は屈折計示度の中間親 3 と、またフィッグ型の秋果の屈折計示度は果重の中間親 1 と、それぞれ有意な負の相関が認められた (第 2 7 表)。

各家系ごとに、調査個体数の多かったフィッグ型の秋果を生産した個体について、その果重および果汁の屈折計示度による頻度分布を第 2 8 表に示した。種苗特性分類調査報告 (兵庫県, 1982) の分類区分によって、中位な果重 (41g~75g) の範囲内で大きい方に属す果重 60 g 以上および高糖とされる果汁の屈折計示度 18 以上を基準としてみると、果重 60 g 以上の個体の出現頻度は M106, M180, H180 系が高く、屈折計示度 18 以上の個体の出現頻度は、VC, H106, H119 系が高かった。また、花粉親が同じ組合

せのVC, MC, HC系の中では、果重の大きい‘柵井ドーフィン’が種子親のMC系が果重の大きい個体の出現頻度が高く、屈折計示度の低い個体の出現頻度も高い傾向があった。種子親が同じ組合せのM106, M119, M180あるいはH106, H119, H180の中では、果重の大きい‘VC-180’が花粉親の家系が、果重の大きい個体の出現頻度が高く、屈折計示度の高い個体の出現頻度が低い傾向があった。

第23-1表 連続して3年間結実したカプリフィッグ型17系統およびフィッグ型17系統の交雑実生における果重および果汁の屈折計示度の分散分析の形式

変動因	自由度	平均平方の期待値
系統	$g-1$	$\sigma_e^2 + y\sigma_g^2$
年次	$y-1$	$\sigma_e^2 + g\sigma_y^2$
誤差	$(g-1)(y-1)$	σ_e^2
全体	$gy-1$	

分散分析のモデルは $X_{ij} = \mu + g_i + y_j + e_{ij}$ で、 X_{ij} , μ , g_i , y_j , e_{ij} はそれぞれ個々の測定値、総平均、系統の効果、年次の効果、誤差を表す。

σ_g^2 : 系統分散, σ_y^2 : 年次分散, σ_e^2 : 誤差分散

第23-2表 連続して3年間結実したカプリフィッグ型17系統²およびフィッグ型17系統²の交雑実生における果重および果汁の屈折計示度の分散成分と反復率

	果 重		果汁の屈折計示度	
	カプリフィッグ型の夏果	フィッグ型の秋果	カプリフィッグ型の夏果	フィッグ型の秋果
系統 (σ_g^2)	99.5(72.8) ^y	320.2(77.9)	4.53(36.9)	5.59(27.7)
年次 (σ_y^2)	29.5(21.6)	47.0(11.4)	5.75(46.9)	12.89(63.8)
誤差 (σ_e^2)	7.7(5.6)	43.7(10.6)	2.00(16.3)	1.73(8.6)
反復率 ^x	0.73	0.78	0.37	0.28

² カプリフィッグ型系統は1991年から3年間、フィッグ型系統は1992年から3年間調査。

^y () 内は、全分散 ($\sigma_g^2 + \sigma_y^2 + \sigma_e^2$) に対する各分散の割合。

^x $\sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_y^2 + \sigma_e^2)$

第24表 果汁の屈折計示度に関する各年次の17系統の平均値と、17系統の各年次の測定値と3年間の平均値との相関係数

年次	17系統の年次平均		相関係数	
	カプリフィッグ型の夏果	フィッグ型の秋果	カプリフィッグ型の夏果	フィッグ型の秋果
1991	7.4±1.7 ^a ^y	—	0.810 ^{**}	—
1992	7.8±1.5 a	16.2±1.5ab	0.639 ^{**}	0.907 ^{**}
1993	6.6±1.8 a	15.3±1.8b	0.733 ^{**}	0.895 ^{**}
1994	—	17.1±1.9a	—	0.860 ^{**}

² 平均値±標準偏差。 ^y アルファベットはチューキーの多重比較結果 (5%水準)。

^{**} 1%水準で有意。

第25表 イチジクの各家系における果実タイプ別の果重の家系平均と、
両親および中間親の果重との比較

果実タイプ	果重の家系平均 (g)								
	VC	MC	HC	M106	M119	M180	H106	H119	H180
カブリフィッグ型夏果	20.5b ^z	29.7b	17.2b	39.7a	36.2b	33.0b	22.1a	22.0b	25.1b
フィッグ型夏果	30.0a	55.7a	30.4a	49.8a	49.0a	63.2a	24.8a	30.5ab	44.6a
フィッグ型秋果	20.5b	27.8b	21.3b	43.6a	37.7ab	45.8ab	32.8a	35.8a	44.1a
種子親の夏果	94.2	129.5	83.7	129.5	129.5	129.5	83.7	83.7	83.7
種子親の秋果	52.5	88.1	79.2	88.1	88.1	88.1	79.2	79.2	79.2
花粉親の夏果	14.2	14.2	14.2	23.0	30.9	38.6	23.0	30.9	38.6
中間親 1 ^y	54.2	71.9	48.9	76.3	80.2	84.1	53.3	57.3	61.1
中間親 2 ^x	33.4	51.2	46.7	55.6	59.5	63.4	51.1	55.1	58.9

^z アルファベットはシェッフェの多重比較結果 (5%水準)。

^y 種子親夏果と花粉親夏果の果重の平均値。

^x 種子親秋果と花粉親夏果の果重の平均値。

第26表 イチジクの各家系における果実タイプ別の果汁の屈折計示度の家系平均と、
両親および中間親の果汁の屈折計示度との比較

果実タイプ	果汁の屈折計示度の家系平均								
	VC	MC	HC	M106	M119	M180	H106	H119	H180
カブリフィッグ型夏果	7.2c ^z	7.5c	7.4c	9.4b	11.5b	8.9b	10.7b	8.1c	9.1b
フィッグ型夏果	14.8b	13.9b	14.4b	15.3a	13.3b	14.7a	15.9b	13.8b	15.5a
フィッグ型秋果	17.1a	16.1a	16.3a	16.4a	16.0a	16.0a	17.3a	16.6a	16.5a
種子親の夏果	18.5	12.6	16.7	12.6	12.6	12.6	16.7	16.7	16.7
種子親の秋果	15.5	14.1	15.2	14.1	14.1	14.1	15.2	15.2	15.2
花粉親の夏果	8.6	8.6	8.6	9.0	8.3	9.8	9.0	8.3	9.8
中間親 3 ^y	13.5	10.6	12.7	10.8	10.4	11.2	12.9	12.5	13.3
中間親 4 ^x	12.0	11.3	11.9	11.5	11.2	11.9	12.1	11.8	12.5

^z アルファベットはシェッフェの多重比較結果 (5%水準)。

^y 種子親夏果と花粉親夏果の果汁の屈折計示度の平均値。

^x 種子親秋果と花粉親夏果の果汁の屈折計示度の平均値。

第27表 イチジクの9家系からの各果実タイプの果重および果汁の屈折計示度の
家系平均と、中間親1～4との相関係数

中間親 ^z	果重の家系平均			果汁の屈折計示度の家系平均		
	カブリフィッグ 型の夏果	フィッグ 型の夏果	フィッグ 型の秋果	カブリフィッグ 型の夏果	フィッグ 型の夏果	フィッグ 型の秋果
1	0.926**	0.916**	0.659	0.399	-0.294	-0.712*
2	0.598	0.621	0.877**	0.560	-0.095	-0.605
3	-0.847**	-0.758*	-0.365	-0.334	0.503	0.748*
4	-0.598	-0.411	0.061	-0.167	0.701*	0.541

^z 第25, 26表と同様。

**, * それぞれ1%, 5%水準で有意。

第28表 イチジクの各家系のフィッグ型の秋果を生産する実生における
果重および果汁の屈折計示度の出現頻度分布

家系	実生 総数	果重 (g) の階級				果汁の屈折計示度の階級			
		0<X≤20	20<X≤40	40<X≤60	60<X	0<X≤14	14<X≤16	16<X≤18	18<X
V C	37	20(54) ^z	16(43)	1(3)	0(0)	1(3)	10(27)	18(49)	8(22)
M C	45	11(24)	27(60)	6(13)	1(2)	7(16)	13(29)	19(42)	6(13)
H C	57	27(47)	29(51)	1(2)	0(0)	2(4)	25(44)	22(39)	8(14)
M106	45	1(2)	16(36)	22(49)	6(13)	4(9)	18(40)	15(33)	8(18)
M119	40	2(5)	25(63)	11(28)	2(5)	6(15)	17(43)	10(25)	7(18)
M180	59	2(3)	23(39)	23(39)	8(14)	6(10)	28(47)	16(27)	9(15)
H106	17	4(24)	8(47)	4(24)	1(6)	2(12)	5(29)	2(12)	8(47)
H119	49	6(12)	29(59)	13(27)	1(2)	0(0)	23(47)	16(33)	10(20)
H180	53	1(2)	23(43)	24(45)	5(9)	1(2)	23(43)	21(40)	8(15)

^z () 内は、実生総数に対する割合。

考 察

本実験では、それぞれ異なる交配組合せからの9家系の交雑実生について、果重と果汁の屈折計示度を調査した。しかし、家系間によって調査年次および年数が異なり、9家系中6家系については単年の調査結果しか得られなかった。そこでまず、3年間の年次反復が得られた3家系の交雑実生個体の調査結果を利用し、イチジクの交雑実生における果重と屈折計示度の反復率を調査した。その結果、果重は反復率が高いために、単年の調査結果が信頼できると考えられる。しかし、屈折計示度は年次変動が大きく反復率が低いため、単年の調査結果から個体の特性を把握することは困難である。ナシ(町田・小崎, 1975; 1976)、カキ(山田・栗原, 1984)およびブドウ(佐藤ら, 1993)においても、屈折計示度は年次変動が大きく反復率が低い形質とされている。しかし、各個体の屈折計示度の単年の値は、3年間の平均値との間で相関が高いことから、同年の家系内における個体間の相対的な比較には、単年の調査結果であっても利用できると考えられる。

果重については、家系内における各果実タイプの家系平均および中間親は、家系によって多少異なるが大きい方から、中間親>フィッグ型の夏果>フィッグ型の秋果>カプリフィッグ型の夏果、の順になると考えられる。

カプリフィッグ型の果実には、雄花と虫えい花(雌花の一種)が存在するが大部分を虫えい花が占める。一方、フィッグ型の果実は雌花のみが存在する。虫えい花と雌花を比較すると、虫えい花の方が明らかに花柱が短く幅も狭い(BECK・LORD, 1988a)。さらに、第3章1節で指摘したように場内のカプリフィッグ型品種の夏果は、果実肥大第Ⅲ期の急激な上昇がみられなかった。これらのことから、同一家系内ではカプリフィッグ型の方がフィッグ型より果実が小さくなると考えられる。また、フィッグ型の夏果と秋果の間にも果重の家系平均に差異がみられる。第2章2節に示したように既存品種においても夏果の方が秋果より大きく、花芽分化時期、結実部位および生育時期の気象条件の違い等の影響が考えられるが、これに関する明確な知見はなく今後の検討が必要である。

すべての家系において、果重については何れの果実タイプの家系平均とも中間親より小さかった。ブドウでも、果粒重は交雑実生集団の方が中間親より小さいことが報告されており、果房の整形・摘粒等の栽培方法の違いが影響していると考えられている(平川ら, 1993)。イチジクは、新梢伸長量が果実の大きさに影響し、長大な新梢上の果実は小さくなる(平井, 1966; 株本, 1986; 栗村ら, 1993)。本実験では、各交配親は栽植距離5×5 m以上であるのに対し、各交雑実生個体は栽植距離1×2 mで1樹当たり新梢発生本数が10

本以下と少ないため新梢が徒長傾向にある。このような栽培条件の違いが果実の大きさに影響していることは十分考えられる。しかしそのような栽培条件の影響があるとしても、イチジクの交雑育種において大果性を育種目標とする場合、果重の家系平均が中間親より小さくなることを想定した交配親の選定が必要であろう。また、交雑実生と交配親および既存品種の果重を同一の密植栽培条件下で比較することや、密植条件下から選抜された個体の果重の特性は、ある程度樹冠を拡大した後に再調査することも重要と考えられる。

果汁の屈折計示度については、家系内における各果実タイプの家系平均および中間親は、高い方から、フィッグ型の秋果>フィッグ型の夏果>中間親>カプリフィッグ型の夏果、の順になると考えられる。

カプリフィッグ型の果実は、受粉により果実内部の小花（虫えい花）の肥大生長が促された場合には、果実の乾物率が増加するが（NEEMAN・GAILL, 1978）、第2章1節に示したようにフィッグ型の果実は、受粉の有無が果汁の屈折計示度に及ぼす影響が少ない。本実験における各交雑実生の果実は、すべて単為結果により結実している。したがって、カプリフィッグ型の夏果は果実内部の小花の発達が不十分で、各個体の屈折計示度は本来の値より低い方向に偏っていると思われる。但し、わが国ではイチジクの受粉に不可欠な花粉媒介昆虫が存在しないため、カプリフィッグ型の屈折計示度の特性は、単為結果した果実において把握しておくべきである。また、すべての家系においてフィッグ型の夏果の方がフィッグ型の秋果より屈折計示度の家系平均が低かったが、成熟期の気象条件の影響が考えられる。わが国におけるイチジクの夏果の成熟時期は梅雨末期の6月下旬から7月上旬になる。モモでも、梅雨期に成熟する早生種は、屈折計示度の特性が把握しにくいことが指摘されている（吉田, 1971）。イチジクの屈折計示度も、灌水量の多少に影響されることから（木村, 1992）、梅雨期に成熟する夏果は屈折計示度が低下しやすいと考えられる。したがって、イチジク交雑実生のカプリフィッグ型およびフィッグ型の夏果では、果汁の屈折計示度の形質発現が結実や気象条件に影響されていることを考慮する必要がある。そのため、実生個体、交配親および既存品種間で夏果の果汁の屈折計示度を比較する場合、同一栽培条件下で同時期に収穫した果実による相対的な比較を重視する必要がある。また、フィッグ型の秋果の屈折計示度の家系平均は、すべての家系で中間親および種子親より高かったことから、イチジクの交雑育種において高糖性品種の育成は、比較的容易な育種目標と考えられる。

以上のことから、イチジクの交雑育種では同一家系内でも、果重や果汁の屈折計示度が、カプリフィッグ型の夏果、フィッグ型の夏果およびフィッグ型の秋果の各タイプによって大きく異なる。したがって、両形質によって個体選抜を行う場合には、果実タイプに応じた選抜の基準値を設定する必要がある。

果重および屈折計示度について親子相関を調査した結果、果重では各果実タイプとも正の相関が高かったが、屈折計示度は果実タイプによって相関の高低が異なる傾向が認められた。したがって、形質によっては果実タイプにより遺伝率が異なることが推察される。さらに、イチジクの果重や屈折計示度の親子相関を明らかにする場合には、交配親の夏秋果別に中間親を求めて用いることで、各果実タイプの家系平均がよく説明できることが認められた。このことは、交配親の諸形質は夏秋果の別に把握しておく必要があることを示唆する。但し、以上のことは少ない交配組合せや年次反復の少ない条件下で得られた結果である。ニホンナシの果重では、交雑実生集団の遺伝的な差異により遺伝率の推定値が異なることもあり（阿部ら, 1993）、今後イチジクにおいても多数の交配組合せからの交雑実生を供試して、果重および屈折計示度の果実タイプ別の遺伝率を推定する必要がある。また、果重の家系平均と屈折計示度の中間親、あるいは屈折計示度の家系平均と果重の中間親との間で一部の果実タイプにおいて負の相関が認められた。さらに、花粉親が同一な家系間の比較では大果性の‘梔井ドーフィン’を種子親とする家系において、種子親が同一な家系間の比較では大果性の‘VC-180’を花粉親とする家系において、果重の大きな個体の出現頻度は高いが、屈折計示度の高い個体の出現頻度は低くなる傾向が示唆された。カンキツでは大果性と高糖性をともに高める交雑育種法には限界があるとされており（松本, 1992）、イチジクにおいても果重と果汁の屈折計示度の遺伝の関連性について継続検討する必要がある。

摘 要

イチジクの交雑実生における、果重および果汁の屈折計示度の雌雄および夏秋果間の差を明らかにするため、異なる交配組合せから得られた9家系について、カプリフィッグ型の夏果、フィッグ型の夏果およびフィッグ型の秋果の果実タイプ別に両形質の家系平均を求めて家系内で比較した。さらに、各家系平均と中間親との相関関係を調査した。

1. 果重については、8家系でカプリフィッグ型の夏果が最も小さく、7家系でフィッグ型の夏果が最も大きかった。さらに5家系で、家系平均の大きい方から、フィッグ型の夏果>フィッグ型の秋果>カプリフィッグ型の夏果、の順となった。
2. 屈折計示度の家系平均は、すべての家系で高い方から、フィッグ型の秋果>フィッグ型の夏果>カプリフィッグ型の夏果、の順となった。
3. 果重については各果実タイプの家系平均とも中間親との正の相関が高く、屈折計示度についてもフィッグ型の夏果と秋果の家系平均は中間親との正の相関が高かった。
4. カプリフィッグ型の夏果とフィッグ型の夏果の果重の家系平均は屈折計示度の中間親と、フィッグ型の秋果の屈折計示度の家系平均は果重の中間親と、それぞれ負の相関が高かった。

第3節 F₁の果皮色b*値の出現頻度とその雌雄間差

緒 言

イチジクの果皮色は商品価値を左右する重要な形質であり、交雑育種においては、その遺伝様式を解明する必要がある。そのためには、カンキツ（松本，1992）やリンゴ（羽生田ら，1977）で試みられているように、多数の交配組合せから得られた交雑実生の果皮色を分類して出現頻度分布を調査し、後代における果皮色の分離比をまず明らかにする必要がある。しかし、イチジクの果皮色は品種間変異が大きく、各交雑実生の果皮色を常法の分類区分（兵庫県，1982）にしたがい9階級に分類することは容易ではない。

そこで、第2章3節で提唱した、イチジク果皮色の常法の分類区分とよく適合する色差計の測色値による分類方法を利用して、F₁における果皮色のb*値による出現頻度分布および表現型分離比の雌雄間差について検討した。

材料および方法

福岡県農業総合試験場豊前分場に栽植中の、第29表に示した各交配組合せからの10家系の交雑実生を試した。

1993から1994年に、SC、VC、MC、HC系の交雑実生（1994年で5年生）を、1995年にM106、M119、M180、H106、H119、H180系の交雑実生（1995年で3年生）について果皮色b*値を調査した。

各家系とも交雑実生を雌雄に区分し、カプリフィッグ型（雄株）は夏果の、フィッグ型（雌株）は秋果の果皮色を調査した。各交雑実生とも、夏果は7月上旬、秋果は9月中旬に、熟期に達した果実を10日間連続して収穫した。各収穫日ごとに全収穫果の中から最も色濃く着色している一果を選び、その果実の色斑のない一様に着色した部分の果皮色のb*値を、色差計（ミノルタ、CR300）で測定した。そして、1日1果で計10果から得られたb*値の平均値を、各交雑実生の果皮色の特性とみなした。

得られたデータを利用してF₁における果皮色の出現頻度分布を各交配組合せの雌雄別に調査した。これについては、雄個体数が十分確保できなかったSC、M180、H106、H119系を除外した6家系を調査対象とした。さらに、第2章3節で提唱した果皮色b*値による4階級の分類区分（常法の淡緑～黄緑を緑色系： $40 < b^*$ 、

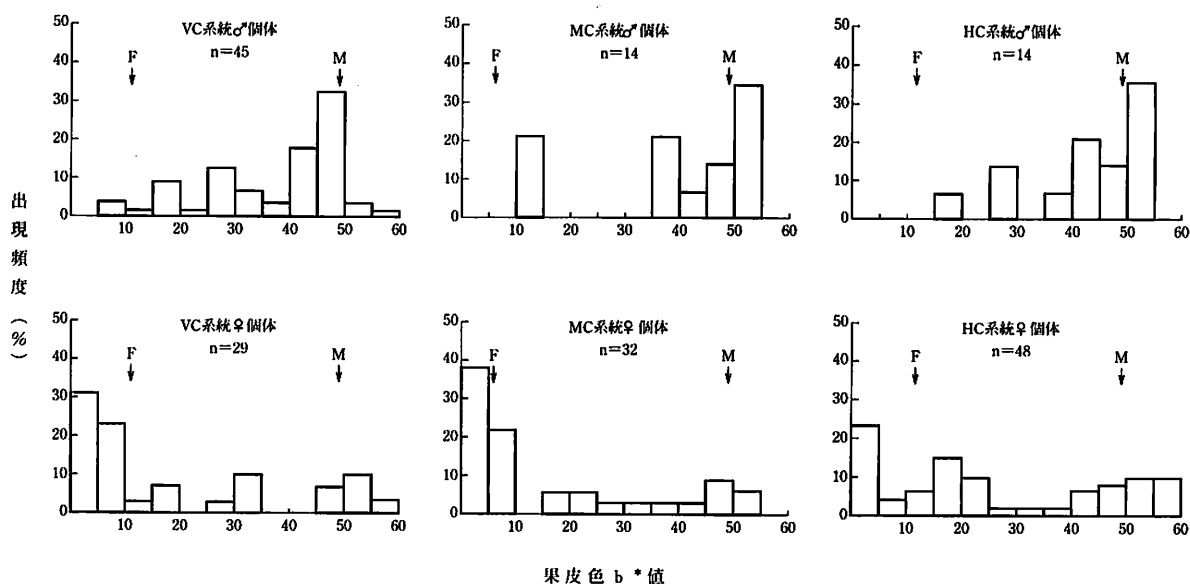
黄褐～橙褐を茶色系： $20 < b^* \leq 40$ ，赤褐～紫褐を赤色系： $5 < b^* \leq 20$ ，紫黒を黒色系： $b^* \leq 5$ とした）にしたがって，F₁における表現型の分離比を調査した。

結 果

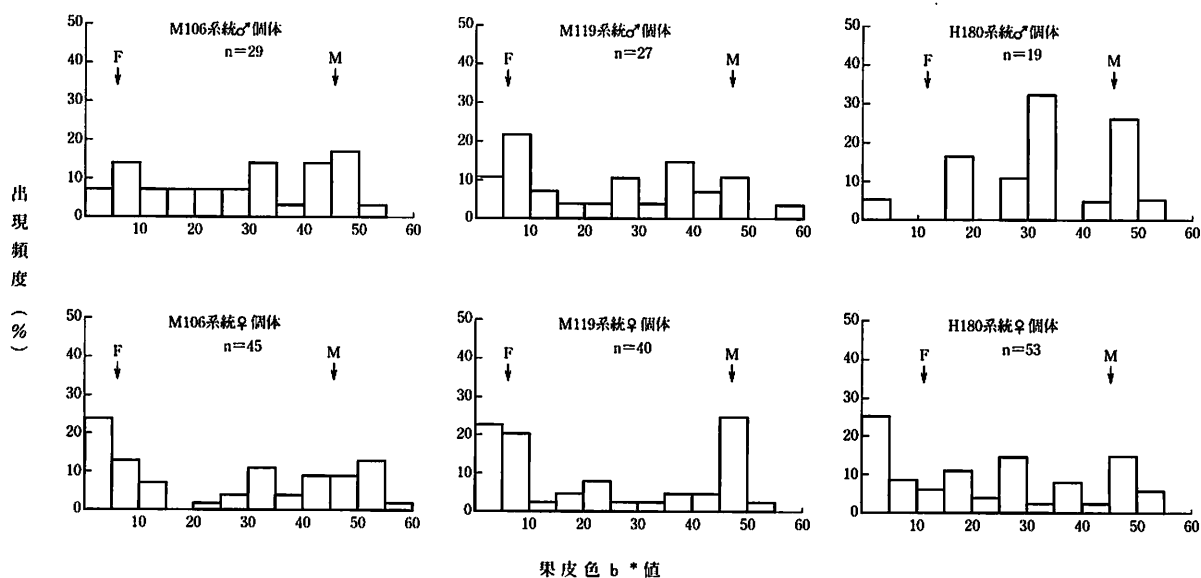
M119系以外の 5家系では，雄個体の b^* 値の出現頻度は花粉親 b^* 値付近で，雌個体の b^* 値の出現頻度は種子親 b^* 値付近で，それぞれ高かった。また，各家系とも雌雄により分布の状態が異なり，表現型の分離比も異なった（第 15-1，2 図，第 30 表）。

緑色×緑色の組合せである SC 系の雌個体は，17 個体中 16 個体が緑色系であった（第 30 表）。

SC 系以外の 9 家系の雌個体はすべて赤色×緑色の組合せであるが，緑，茶，赤および黒色の個体が均等に出現する傾向があり，これらが 1:1:1:1 の期待比で出現すると仮定した場合によく適合した（第 30 表）。



第 15-1 図 イチジクの各交配組合せの交雑実生における雌雄別の果皮色 b^* 値の頻度分布
F は種子親の，M は花粉親の果皮色の b^* 値を示す。



第 15-2 図 イチジクの各交配組合せの交雑実生における雌雄別の果皮色 b^* 値の頻度分布
F は種子親の，M は花粉親の果皮色の b^* 値を示す。

第29表 イチジクの各交配組合せにおける両親の果皮色と、果皮色を調査した雌雄別の交雑実生数

家系名	種子親	花粉親	調査実生数	
			雄個体	雌個体
SC	スタンフォード (黄緑) ^z	× カプリフィッグ6085 (淡緑)	—	17
VC	ビオレー・ドーフィン (赤紫)	× カプリフィッグ6085 (淡緑)	45	29
MC	梶井ドーフィン (赤褐)	× カプリフィッグ6085 (淡緑)	14	32
HC	蓬萊柿 (赤紫)	× カプリフィッグ6085 (淡緑)	14	48
M106	梶井ドーフィン (赤褐)	× VC-106 ^y (淡緑)	29	45
M119	梶井ドーフィン (赤褐)	× VC-119 ^y (淡緑)	27	40
M180	梶井ドーフィン (赤褐)	× VC-180 ^y (淡緑)	—	60
H106	蓬萊柿 (赤紫)	× VC-106 (淡緑)	—	17
H119	蓬萊柿 (赤紫)	× VC-119 (淡緑)	—	49
H180	蓬萊柿 (赤紫)	× VC-180 (淡緑)	19	53

^z () 内は、常法の9段階分類区分による果皮色。

^y 'VC-106', 'VC-119' および 'VC-180' は、'ビオレー・ドーフィン' × 'カプリフィッグ6085' の交雑実生から選抜した系統。

第30表 イチジクの各交配組合せのF₁における果皮色b*値の4階級分類区分^zによる雌雄別の果皮色表現型の分離比

家系名	両親の果皮色		雄個体	雌個体	雌の期待比	χ^2 検定	
	種子親	花粉親	緑：茶：赤：黒	緑：茶：赤：黒	緑：茶：赤：黒	χ^2	P
SC	緑	緑	—	16：1：0：0	1：0：0：0	—	—
VC	赤	緑	26：12：7：0	6：4：10：9	1：1：1：1	3.138	0.30～0.50
MC	赤	緑	8：3：3：0	6：5：9：12	1：1：1：1	3.750	0.20～0.30
HC	赤	緑	10：3：1：0	11：12：8：7	1：1：1：1	1.789	0.50～0.70
M106	赤	緑	10：9：8：2	15：10：9：11	1：1：1：1	1.844	0.50～0.70
M119	赤	緑	6：9：9：3	13：7：11：9	1：1：1：1	2.000	0.50～0.70
M180	赤	緑	—	21：13：15：11	1：1：1：1	3.733	0.20～0.30
H106	赤	緑	—	9：2：4：2	1：1：1：1	7.706	0.05～0.10
H119	赤	緑	—	11：14：14：10	1：1：1：1	1.041	0.70～0.80
H180	赤	緑	7：8：3：1	12：15：13：13	1：1：1：1	0.358	0.90～0.95

^z 果皮色のb*値によって、緑色 (40<b*)、茶色 (20<b*≤40)、赤色 (5<b*≤20)、黒色 (b*≤5) に区分した。

考 察

イチジクは交雑実生においても果皮色の変異が大きい。本実験で交雑実生の果皮色b*値およびそれに基づく4階級の分類区分を利用することで、F₁における果皮色の出現頻度分布や表現型の分離比が簡易に得られ、交配組合せや雌雄間の違いを識別できることが明らかとなった。したがって、色差計の測色値の利用で果皮色の遺伝様式が効率よく解明できると考えられる。

同一の交配組合せからのF₁であっても、雌雄によって果皮色のb*値の出現頻度分布や、表現型の分離比が異なることが示唆された。したがって、第4章1、2節における単為結果性、果重および果汁の屈折計示度の形質と同様に、果皮色も雌雄間で遺伝様式が異なることが推察される。

雄個体と比較して調査個体数の多かった雌個体については、緑色×緑色のF₁ではすべて緑色になり、赤色×緑色のF₁では緑、茶、赤、黒がほぼ均等に分離したことから、果皮色の遺伝子型は緑色系が劣性ホモで

赤色系はヘテロであると推察される。黒色の発現に関与するBと茶色の発現に関与するRの二対の遺伝子を想定し、B-Rの遺伝子型で赤色が発現すると仮定すると、劣性ホモ (bbrr) の緑色品種×ヘテロ (BbRr) の赤色品種のF₁では、緑 (bbrr) : 茶 (bbRr) : 赤 (BbRr) : 黒 (Bbrr) が 1:1:1:1 で分離すると考えられる。しかし、本実験は交配組合せ数が少なく、しかも遺伝的変異の狭い限られた品種間の交配で、しかもF₁だけの調査である。イチジクは、果皮色の変異が幅広いことから、トマトの場合と同様に色素の種類を決定する遺伝子に加え、色素の量に関与する遺伝子の存在も考えられる。したがって、今後は様々な果皮色の品種間で交配を行い、後代における果皮色の出現頻度を雌雄別に調査していく必要がある。既にトマトでは、種々の果皮色の遺伝子型と色差計の測色値および色素含有量との関係が明らかにされているが (城島, 1994)、イチジクにおいても、同様に検討していく必要がある。

摘 要

イチジクのF₁における果皮色の雌雄別の出現頻度を明らかにするため、異なる交配組合せからの6家系の交雑実生を雌雄に区分し果皮色b*値を調査した。

1. 交雑実生の果皮色b*値を利用することで、簡易にF₁における果皮色の出現頻度分布が得られた。
2. F₁における果皮色b*値の頻度分布の状態は同一交配組合せ内においても雌雄により異なった。
3. F₁の雌個体の果皮色は、緑色品種×緑色品種のF₁ではすべて緑色になり、赤色品種×緑色品種のF₁では、緑:茶:赤:黒が1:1:1:1で分離する傾向にあった。

第5章 総 合 考 察

近年わが国では、消費嗜好の多様化に伴い、果樹の分野では多数の新品種が育成され、品種構成の見直しが図られている。しかしイチジクは、今日においても‘柗井ドーフィン’と‘蓬萊柿’の2品種だけが経済栽培されており、他の果樹と比較しても極めて品種開発が遅れているイチジクの‘柗井ドーフィン’と‘蓬萊柿’は、他品種と比較して、果実が大きく収量も多いが、肉質が粗く果汁の屈折計示度が低い等の品質面での欠点があり、より高品質な品種の育成が望まれている。そこで本章では、わが国におけるイチジク育種の現状と問題点および今後の展望について総合的に考察する。

わが国のイチジク品種開発が遅れている理由としては、①これまで諸外国からの品種導入数が少ない上に、限られた導入品種が果実の大きさおよび収量の点で‘柗井ドーフィン’および‘蓬萊柿’より劣っていること、②‘柗井ドーフィン’および‘蓬萊柿’からの変異系統の存在は認められるが、優良な形質を持った系統が少ないこと、③イチジクは雌性雌雄異体であるが、わが国にはカプリフィック型品種（雄株）が栽培されてなく、花粉媒介昆虫も存在しないため、自然交雑実生の発生が皆無であること、④経常的なイチジク育種が行われていないこと等が挙げられる。

近年イチジクにおいても、栽培面積の拡大とともに品種に対する関心が高まり、官民を通じて諸外国から品種導入が図られている。福岡県農業総合試験場豊前分場では、導入品種を随時供試して栽培適応性を検定しており、本研究においても一部の導入品種の果実特性を調査している（第2章）。これらの導入品種の中には、‘柗井ドーフィン’および‘蓬萊柿’と比較して、熟期が早い、果汁の屈折計示度が高い、肉質が緻密で食味が良好などの有用な形質をもっているものも認められる。しかしすべての導入品種が、‘柗井ドーフィン’および‘蓬萊柿’より果実が小さく収量が少ない傾向にある。生食を主体とするわが国でイチジクの果実を評価する場合には、食味の良否が最重視されるべきである。しかし現況の市場評価では、外観の良否によって商品価値が大きく異なり、小さい果実の場合には例え食味が良好であっても商品価値が低くなる。また、イチジクは新梢各節に果実が着生し、葉と果実が1：1の対応関係にあり、摘果などの栽培技術によって果実肥大を促すことが困難である（株本，1986）。そのため各品種の単位面積当たりの収量は、品種特性に基づく果実の大きさに依存している。これらのことから、これまでの導入品種はわが国においては収益性の面から主要品種になりにくいと考えられる。消費嗜好の変遷に伴い果実の小さい品種が見直されることも考えられるが、イチジクにおいて果実の大きさは、商品価値および収量を左右する重要な形質であることには変わりない。今後のイチジクの遺伝資源導入に際しては、果実の大きさを重視することが望まれる。

栄養繁殖を主体とする果樹では、枝変わりなどの突然変異を利用した育種が一般的に行われている。挿し木繁殖を主体とするイチジクにおいても、‘柗井ドーフィン’および‘蓬萊柿’の栽培圃場の集団内において、果実の熟期、果形、果皮および果肉の着色、果頂部の裂開性などの諸形質が異なる変異系統の存在が認められることがある。それらの変異系統は不良形質をもつものが多い。イチジクは挿し木による自家苗生産が容易であるため、長年栽培され続けている‘柗井ドーフィン’および‘蓬萊柿’は、これまでに各産地ごとに系統選抜が行われ、優良系統が残されている傾向にある。したがって、より有用な形質を持った変異系統は出現しにくい状況下にある。そのような状況の中で、愛知県において‘柗井ドーフィン’の栽培圃場から、早熟性で果頂部の裂果の少ない変異系統‘サマーレッド’（平成5年登録品種）が発見されており、変異系統の探索が重要であることが示唆された。しかし、既存品種における変異系統の探索だけでは変異の幅が限られており、今後の消費嗜好の多様化には対応できないと思われる。

雌性雌雄異体であるイチジクの果実は、通常は花粉媒介昆虫の存在のもとに、カプリフィック型品種（雄株）の花粉をフィック型品種（雌株）に受粉することで結実する。したがって、今日諸外国に分布する多数の品種はそのほとんどが偶発実生であり、アメリカにおけるイチジク育種も輸入果実の種子を播種することから始まっている（CONDIT, 1928）。しかし、わが国では‘柗井ドーフィン’および‘蓬萊柿’の秋果の単為結果性を利用した栽培だけが行われ、カプリフィック型品種の栽培および花粉媒介昆虫の導入がなかったため、偶発実生は全く存在していない。カプリフィック型品種と花粉媒介昆虫との間には共生関係が成立しい

る。この共生関係は、カプリフィッグ型品種の果実が年間3回結実することが可能な、冬季温暖な地域でしか成立しない。仮に、わが国にカプリフィッグ型品種と花粉媒介昆虫が導入されたとしても、冬季の低温により両者の共生関係が成立しないため、花粉媒介昆虫の定着は困難と考えられる。このことは、今後ともわが国では偶発実生の出現する可能性がないことを示唆する。

わが国におけるイチジクの育種は、1920年代に農商務省園芸試験場（現農林水産省果樹試験場興津支場）で試みられており、夏果が単為結果するサンペドロ型品種‘谷川’が育成されている（河瀬，1983）。「谷川」は秋果の単為結果性がなかったため普及には至らなかった。この際には、いくつかのカプリフィッグ型品種が導入されているが、今日その存在は明らかでなく、その後イチジクの育種は行われていない。諸外国では既にイチジクの品種が交雑育種により育成されている。しかしこれらの品種は、気象や結実条件、さらに主に果実を乾果や加工品として利用することを前提とする条件下で得られたものであり、わが国のイチジク栽培に適應できるかどうかは明らかでない。実際に、これまでの導入品種の中には諸外国の主要品種も含まれているが、前述のようにわが国における適應性は低く、わが国と諸外国ではイチジクの育種目標がかなり異なると考えられる。

以上のようなことから、今後わが国においてイチジク栽培を普及拡大するためには、品種開発が重要であり、種々の育種目標に応じてイチジクの育種を行う必要がある。本研究では、わが国においてイチジクの交雑育種を可能にすることを目的として、諸外国から導入された交配母本の果実形質の評価方法（第2章）、交配の効率化に関する様々な手法（第3章）およびF₁における育種上重要な諸形質の出現頻度の特性（第4章）について検討した。

イチジクの交雑育種を行うには、まず交配母本の特性評価が重要で、特に果実諸形質は詳細に把握しておく必要がある。

イチジクの果実は受粉または単為結果により結実する。また、イチジクは前年生枝上に夏果が新梢上に秋果が着生する結果習性をもつ。これまでイチジク各品種の果実諸形質は、諸外国で有核果によって評価されている場合が多い（CONDIT, 1955）。さらに同一品種における夏果と秋果の諸形質の違いを明らかにした報告は見当たらない。本研究では、イチジクは同一品種においても、有核果は単為結果した果実より大きく果形が扁平で花托が薄くなること、夏果は秋果より果実が大きく内部の小果の肥大も優ること等を明らかにした（第2章1, 2節）。したがってイチジクの交雑育種では、結実条件や夏秋果のどちらを主に利用するかによって、交配母本の選定が異なってくると考えられる。わが国では、今後とも秋果の単為結果性を利用した栽培方法が主体と考えられるため、各交配母本の果実諸形質も単為結果した秋果で把握しておくことが最も重要である。但し、今後のイチジク作型の拡大には、秋果と成熟期の異なる夏果は利用価値が高く、高品質な夏果を生産できる品種の育成も必要と考えられる。そこで、各交配母本の特性を夏秋果別に把握しておくことも必要となろう。

またイチジクの果皮色は、幅広い品種間変異がみられ、果実の商品価値を左右する重要な形質である。したがって、各交配母本の果皮色の客観的な評価や、果皮色の遺伝様式を解明することは重要である。これまでイチジクの果皮色はマンセル標準色票を使用した観察により、淡緑から紫黒色までの9階級に分類されていた（兵庫県，1982）。しかしこの常法は簡易でなく、観察者によって各交配母本の分類が異なることも考えられる。そこで、色差計の測色値の適用について検討したところ、イチジク果皮色のL*, a*, b*は果皮色分類の指標として利用可能で、特にb*値は最適な指標であることが認められた（第2章3節）。このことは、イチジクの果皮色を簡易にしかも客観的に分類することを可能にしたといえる。さらに本研究では、イチジク果皮色のb*値に基づく簡易な4階級の分類区分（緑、茶、赤、黒色）を提唱した（第2章3節）。この4階級の分類区分は、常法の9階級の中で接近した色調を一括したものである。常法の9階級に細分化された分類区分は、果皮色の品種間差をより明確にするには適している。しかし、多数の交雑実生個体の果皮色を迅速に分類することは容易でなく、雑種の後代における果皮色の分離比を調査して、イチジク果皮色の遺伝様式を解明する際には区分が多いため解析しにくい。4階級の分類区分ではこれらの調査が簡易にしかも効率よく行えると考えられる。本研究でも、果皮色b*値による4階級の分類区分を利用して、イチジクF₁における

果皮色の分離比を調査したところ、交配組合せ間や同一組合せ内の雌雄間の分離比の違いを容易に識別できた（第4章3節）。

一般的に効率よく交配して交雑実生を獲得するためには、人工交配の際に受粉適期の生育ステージの雌ずい、発芽率の高い花粉を受粉することが重要である（松尾，1978）。雌性雌雄異体で隠花果を形成するイチジクの人工交配は、他の作物とは大きく異なり、カプリフィッグ型品種（花粉親）の夏果の花粉を、フィッグ型品種（種子親）の秋果内部の雌花に受粉することで行われる。イチジクの交配では、雌雄異体でしかもわが国では花粉媒介昆虫が存在しないため、除雄や交配後の花粉の混合を防ぐための袋掛けが省略できる利点がある。しかし、多くの植物では受粉適期の雌ずいの状態や花粉の飛散時期は、花器の形態変化の観察により判断できるが、隠花果であるイチジクは果実内部の小花の形態変化が観察しにくく、生育ステージも判断しにくい。

イチジクの果実内には多数の小花が存在し、例えば‘榊井ドーフィン’の一つの果実内には約2800の小花が着生している（平井，1966）。したがって、発芽率の高い花粉を使用して受粉適期の隠花果に交配すれば、一つの果実から多数の種子が得られるため、育種に必要な交雑実生個体数は容易に確保できる。これまでフィッグ型品種の果実および内部の小花の肥大生長は並行することが明らかにされている（平井，1966）。しかし、わが国ではカプリフィッグ型品種における夏果の生育特性や花粉飛散時期は不明であった。本研究では、カプリフィッグ型品種の夏果は、生長曲線がフィッグ型品種とやや異なること、花粉は6月下旬の成熟果の雄花から採取できることを明らかにした（第3章1節）。また、これまでイチジク花粉の発芽率を人工培地を利用して調査した報告はなく、著者もショ糖寒天培地に種々の無機成分を添加して花粉の発芽を試みてきたが、何れの培地においても花粉の発芽は得られなかった。本研究では、フィッグ型品種の雌花を寒天培地上に置床して柱頭分泌液を拡散させた人工培地により、イチジク花粉の発芽率を検定できた（第3章2節）。さらに、種子親品種の受粉に適する生育ステージの隠花果は、これまで果実横径や果皮色および握った時の弾力性等で判断されてきたが、いくつかの品種において受粉最適果実の横径を調査したところ品種間差がかなりあり、これらの指標は汎用的ではないことが認められた。そこで、果実内部の小花の長さで受粉適期果実を判定したところ、各品種とも小花の長さ2～3mmの時期の果実が受粉に適しており、品種間差が少なく指標として有効であることが判明した（第3章3節）。これらのことは、イチジクの交雑実生を効率よく獲得するために有意義な知見であると考えられる。

今後わが国においてイチジクの交雑育種を進めていく場合に、重要な育種目標としては、①単為結果性をもつ、②果実が高品質である、③病害虫抵抗性があること等が挙げられる。

本研究では単為結果性のない品種の果実特性を調査するために、人工受粉やジベレリン処理を利用している（第2章）。他の果樹でも、結実促進のために人工受粉や植物生育調節剤の処理を行うことが、一般的な栽培技術として広く普及している。これらの処理はすべて開花期を中心とする一定の期間内に行われる。しかしイチジクの果実は、新梢上各節に下位節から順次分化するため、各果実の生育ステージは個々に異なっている。実際のイチジク栽培圃場において、分化したすべての果実に対し個々の生育ステージを把握して、人工受粉や植物生育調節剤の処理を適宜行っていくことは不可能に近い。またイチジクを加温施設で栽培し、受粉樹となるカプリフィッグ型品種と花粉媒介昆虫を導入して両者の共生関係を成立させて、自然受粉を可能にすることも考えられる。それには、カプリフィッグ型品種の果実の着果周期や花粉媒介昆虫の活動を最適にするため、加温施設内の環境条件を年間を通じて制御する必要がある、技術的に困難でコスト高が予想される。これらのことから、わが国におけるイチジクの育種目標としては、まず単為結果性をもつことが最も重要である。

これまでイチジクの単為結果に関する遺伝様式については、単為結果性のカプリフィッグ型品種を花粉親にした場合にのみF₁で単為結果性の個体が半数出現するとされていた。しかし本研究では、種子親の単為結果に関する特性もF₁における単為結果性の発現に関与していると考えられた（第4章1節）。さらに、カプリフィッグ型で夏果が単為結果する個体の出現頻度は、サンペドロ型や夏果の単為結果性の強い普通型品種が種子親の後代で高く、フィッグ型で秋果が単為結果する個体の出現頻度は、普通型品種が種子親の後代で高

くなる傾向が認められた（第4章1節）。これらの知見は、雌雄および夏秋果別の単為結果性個体の育成を目標とする場合の、交配母本の選定の参考になる。ブドウの無核性の遺伝については、有核品種×無核品種の組合せにおける無核親の違いによってF₁の有核および無核の分離比が大きく異なり、さらに無核性は5つの優性遺伝子に支配されることが提唱されている（佐藤ら，1994）。ブドウの無核性には単為結果と偽単為結果のものが含まれるため、単為結果だけのイチジクの場合とは厳密には異なる。しかし、交配親の違いにより後代の無核性の発現が異なる点は、イチジク後代の単為結果性の発現と同様であり、このブドウの無核性の遺伝に関する知見は今後のイチジク単為結果の遺伝様式解明の参考にできる。

果実の品質に関連した育種目標としては、果実が大きい、果汁の屈折計示度が高い、肉質が緻密、日持ちが良好などが重要である。イチジクは現況において、果実が大きいものほど商品価値が高く、さらに食味の良好なものが求められている。イチジク果実の食味の良否は、カンキツ、リンゴ、ブドウなどの甘酸適和なものが好まれる果実と比較して酸含量が極めて低いため、カキと同様に甘さと肉質によって決定される（伊藤ら，1987）。

果重の大きさや果汁の屈折計示度は量的形質である。量的形質の改善を育種目標とする場合、各形質の遺伝率を明らかにし、それに基づく交配母本の選定が必要である（井山，1976）。しかし、これまでイチジクでは量的形質の遺伝に関する報告は皆無である。本研究では、イチジクの果重および果汁の屈折計示度の両形質は、F₁における親子相関が高く遺伝率も高いと推定された。また、それぞれ交配組合せの異なる9家系において、両形質のフィック型の秋果を生産する交雑実生の家系平均と中間親を比較しところ、すべての家系で、果重の家系平均は中間親より小さく、果汁の屈折計示度の家系平均は中間親より高くなることが認められた（第4章2節）。このことから、イチジクの交雑育種において、果重を高めることは果汁の屈折計示度を高めることより困難であることが予測される。すなわち、果重の大きい個体の育成のためには、大果な交配親を利用する必要があるが、イチジクでは‘榊井ドーフィン’および‘蓬萊柿’程度に大果な品種は少なく、特に花粉親となるカプリフィック型品種は大果なものが少ない（CONDIT, 1955）。当面は、わが国のイチジクの交雑育種において、果重が大きくしかも他の諸形質も優良な雌雄個体を選抜し、それらを交配親として交雑育種を進め、果重とその他の形質をともに高めていく必要がある。また果重は小さいが他の形質が優良な個体については、ブドウで実用化されているコルヒチン処理を利用した倍数体の育成による果実の大玉化（能塚ら，1985）についても検討する必要がある。一方本研究では、大果性の交配親からは果重の大きい個体の出現頻度は高いが、果汁の屈折計示度の高い個体の出現頻度が低くなる傾向も認められた（第4章2節）。このことから、イチジクの交雑育種において、果重と果汁の屈折計示度をともに高めることは限界があることが示唆される。わが国の主要品種である‘榊井ドーフィン’および‘蓬萊柿’は、何れも果重70 g以上で既存品種の中でも果重が最も大きい品種といえる。この2品種を対照とすると、交雑実生の果重の選抜基準も高くなる。アメリカでは、これまで交雑育種により育成された有望品種は果重40 g前後のものが多く、果重以外の品質面の改善が育種目標として重視される傾向にある（STOREY, 1975）。但し、アメリカではイチジクの果実を生食用以外に、乾果や加工品としても利用するため、用途に応じた適正な果実の大きさの基準があると考えられる。今後わが国のイチジクの育種において、果重および果汁の屈折計示度の選抜基準をどの程度に設定するかは重要な課題であり、果実の利用面も考慮して検討していく必要がある。

イチジク果実の肉質は、食味の良否に大きく影響する。わが国の主要品種である‘榊井ドーフィン’および‘蓬萊柿’は肉質が粗いことから、肉質の改善は重要な育種目標である。果実の肉質は、細胞相互間の結合力、細胞壁成分の相違に基づく機械的強度、細胞の含有水分や浸透圧に基づく緊張度が関与するとされる（緒方，1968）。細胞壁成分であるセルロース含量やペクチン質の成熟期の変化については、リンゴ（KERTESZ *et al*, 1959）やモモ（POSTLMAYR *et al*, 1956）では品種間差が認められ、そのことが果肉の硬さや肉質の品種間差に影響している。イチジク果実のセルロース含量についても品種間差が認められ、品種間の肉質の違いに影響していると考えられる（矢羽田・栗村，1996）。また果実のペクチン質の変化は、肉質とともに果実の成熟および軟化に伴う日持ち性にも大きく関与している。イチジクの果実は成熟期や貯蔵期間中において、果実の急速な軟化が起こりやすく日持ちが極めて悪い。そのため、生産者においては早朝収穫や1日に2回の

収穫などの過重労働、流通関係者および消費者においては低温貯蔵が必要不可欠となっており、日持ちが良好な品種の育成が各分野から切望されている。今後イチジクにおいて、肉質および日持ちの良好な品種を育成するためには、イチジク果実の軟化の発生機構や、細胞壁成分の品種間差を明確にして、それに基づく交配母本の選定が重要である。著者がこれまでに行ったイチジク交雑実生の果実特性調査の結果では、肉質が粗い‘榊井ドーフィン’および‘蓬萊柿’が種子親のF₁からも、肉質の緻密な個体が多数出現している。このことから肉質の改善は十分可能な育種目標であるが、肉質の遺伝についても今後明確にする必要がある。またイチジクの果実は、他の果実と比較してもセルロースなどの食物繊維やタンパク質分解酵素を多く含み、健康食品としても注目されている（飯島、1968）。したがって、細胞壁成分などに基づく育種は、イチジク果実の付加価値を高めて消費拡大を図るためにも重要な課題といえる。

イチジクF₁における果皮色の表現型の分離比も、単為結果性、果重、果汁の屈折計示度の諸形質と同様に、同一交配組合せにおいて雌雄により異なった。また、F₁の雌個体の果皮色は、緑色品種×緑色品種のF₁ではすべて緑色になり、赤色品種×緑色品種のF₁では、緑：茶：赤：黒が1：1：1：1で分離する傾向にあった。その結果、緑色系品種の遺伝子型は劣性ホモで、赤色系品種の果皮色の遺伝子型はヘテロであると推定された（第4章3節）。イチジク同様に果皮色の品種間変異が大きいブドウでは果皮色の遺伝について、黒色および赤色を発現させる遺伝子BおよびRを仮定し、BはRよりも優性で、緑色品種は両遺伝子が劣性ホモとされる（BARRITT・EINSET, 1969）。しかしイチジクの果皮色では、茶色系（黄褐～橙褐色）の個体が存在すること、さらには赤色×緑色の組合せからも黒色個体の出現が見られることから、ブドウとは果皮色の遺伝様式が異なると考えられる。このことは、ブドウの果皮色変異は果皮アントシアニン組成によるところが大きい（渡部・白石、1991）、イチジクの果皮色の変異にはアントシアニンに加えてカロチノイド系の色素が関与している（平田、1981）ためと思われる。ブドウでは、F₁における果皮色のアントシアニン組成の変異を育種、遺伝的に明らかにする試みがなされている（渡部・白石、1992）。今後イチジク果皮色でも色素組成の遺伝を明らかにすることが必要となろう。そのためには、まずイチジクにおいても様々な果皮色の品種間で交配を進めていく必要がある。またわが国のイチジクは、主要品種である‘榊井ドーフィン’および‘蓬萊柿’の果皮色が赤色系であるため、赤色系の品種が好まれる傾向にある。しかし今後は、多様な果皮色の品種を普及拡大させることもイチジクの消費拡大には必要と考えられる。

イチジクにおける防除困難な病害としては株枯病が、虫害としてはスリップス、ネコブセンチュウが挙げられる。

株枯病は枝幹部を、ネコブセンチュウは地下部を侵すもので絶対的な薬剤防除体系が確立されていない。スリップスは果実の目（開口部）から侵入し果実内部を食害するが、イチジクは収穫期間が2ヵ月以上と長く、その間の薬剤防除ができないため被害が大きい。これらの病害虫に対しては抵抗性品種の育成が急務である。しかしこれらの病害虫については、これまでの導入品種の中で明らかに抵抗性の認められるものは見当らない。今後は、野生種を含めた抵抗性品種の探索が重要であるとともに、他のフィカス属植物などの幅広い遺伝資源の探索を行い、既にアメリカで一部育成されている種間雑種（CONDIT, 1950）の利用や、耐病虫性遺伝子導入による形質転換個体の作出についても検討する必要がある。またスリップスは、イチジク果実の目から侵入するため、仮に目が開かない品種が育成できればスリップスの被害は防止できる。さらにイチジク果実の目からは種々の病原菌が侵入し、果実の腐敗軟化も起こる（細見・草刈、1995）。これらの腐敗防止に対しても目が開かない品種は有効であると考えられる。本来イチジク果実の目は、花粉媒介昆虫の受粉や産卵活動のための侵入口であるため、結実に受粉を必要とする品種については必要不可欠なもので、これまで諸外国では目の開かない品種や系統が存在していたとしても、それらは淘汰された可能性が高い。しかし、わが国のイチジクは単為結果により結実する品種の育成を前提としているため、果実の目は必ずしも必要ではなく、今後の交雑育種の個体選抜では、果実の目の有無や開閉程度に注目する必要がある。

その他のイチジクの育種目標としては、栽培適地の拡大や凍害防止の可能な耐寒性品種、排水不良の水田転換園でも栽培可能な耐湿性品種、樹勢制御の困難な施設栽培や密植栽培に適応できるわい化性品種の育成等がある。これらの育種目標は、栽培技術との関連性が強く、イチジク栽培の面積拡大あるいは省力、低コ

スト化が可能である。そのためには、まず交配母本の耐寒性、耐湿性および新梢伸長量等を的確に評価する必要がある。

以上のように、イチジクの育種を進めていくには、育種目標に応じて様々な課題が多く残されている。しかし、本研究から得られた、交配母本および交雑実生の育種上重要な果実諸形質の的確な評価方法、効率的な交雑実生の獲得方法、さらには果実諸形質の遺伝様式に関する基礎的な知見によって、イチジク交雑育種の効率化が可能となり、今後のイチジク育種の発展が期待できる。

総 摘 要

雌性雌雄異体で受粉あるいは単為結果によって夏秋果を生産するイチジクの交雑育種を進める上で、交配母本の果実諸形質を明確に評価するため、フィッグ型（雌株）品種の受粉の有無が果実諸形質に及ぼす影響と夏秋果間の果実諸形質の相関関係を明らかにし、品種間変異の大きい果皮色の簡易な分類方法を創設した。次に、効率よく交配を行うために、カプリフィッグ型（雄株）品種の夏果の生育特性と花粉飛散時期を明らかにし、花粉の発芽率検定法および種子親の受粉最適果実の判定法を創設した。さらに、雑種第一代における育種目標として重要な単為結果性、果重、果汁の屈折計示度および果皮色の出現頻度の特性を明らかにした。得られた結果は以下のように要約される。

1. 受粉の有無が熟期と品質関連形質に及ぼす影響

イチジク10品種の秋果について有核果と単為結果した果実の諸形質を比較したところ、すべての品種で、有核果の方が果重および果形指数が大きく、小果が長く花托が薄かった。普通型の品種では有核果の方が熟期が早かった。果汁の屈折計示度は、有核果と単為結果した果実との間で有意差の認められない品種が多かった。

イチジクは同一品種においても、有核果と単為結果した果実では特性が異なることが示唆された。

2. 夏果と秋果の熟期と品質関連形質の相関関係

イチジク14品種の夏果と秋果の諸形質を比較したところ、すべての品種で夏果の方が秋果より、果重、目の大きさおよび小果の長さが優った。また、熟期、1果重、果頂部の目の大きさおよび小果の長さの各形質は夏果と秋果の間で正の相関が高かった。供試された14品種は、夏果と秋果ともに果汁の屈折計示度が高い品種と低い品種の二つのタイプに区分された。

3. 果皮色の色差計の測色値による分類

イチジク29品種の果皮色を常法によって9階級に分類すると同時に、色差計で L^* 、 a^* 、 b^* 値を測定したところ、9階級の分類区分は L^* 、 a^* 、 b^* 値と相関が高く、 L^* 、 a^* 、 b^* 値は果皮色分類の指標として利用可能であった。特に、 b^* 値は常法の9階級と最も相関が高く最適な指標であった。供試した29品種は果皮色の b^* 値によって4階級に大別され、この4階級の区分は従来の9階級の区分より簡易に果皮色を分類できると考えられた。

夏果と秋果が両方結実する品種では両果実の果皮色の L^* 、 a^* 、 b^* 値はそれぞれ有意差がなく、果皮色の品種特性は夏果か秋果のどちらか一方で評価できた。

4. カプリフィッグ品種の夏果の生育特性

カプリフィッグ品種‘カプリフィッグ6085’の夏果は、4月から5月上旬にかけて急速に肥大するが、その後はほとんど肥大しないまま6月下旬に成熟し、フィッグ（雌株）品種の夏果の生長曲線とは異なった。

‘カプリフィッグ6085’の夏果の内部の小花については、形態形成の時期が虫えい花（雌花の一種）の方が雄花よりかなり早く、雌ずい先熟性であると考えられ、花粉は6月下旬の成熟した果実から採取された。

‘カプリフィッグ6085’の夏果は5月上旬から生理落果が始まり6月中旬までに約80%が落果した。生理落果は、4月中旬の果実横径約12mmの幼果にGA₃水溶液10ppmを散布処理することで防止できた。

5. 柱頭分泌液を利用した人工培地による花粉の発芽率の検定

10%ショ糖を添加した寒天培地に‘榊井ドーフィン’の雌花を置床し（2～3本/cm²）、柱頭分泌液を5～15℃で3時間拡散させた後、カプリフィッグ系統‘VC-180’の花粉を置床して、25～30℃で7時間程度培養したところ、70%以上の高い発芽率を示し、花粉管伸長も順調であった。この場合、‘榊井ドーフィン’の雌花としては、横径20～32mmの秋果から採取したものが最適であった。また、‘VC-180’の夏果の熟度がかなり異なっている、花粉の発芽率には全く差がみられなかった。

6. 種子親の受粉最適果実の判定

稔性のある種子を多く生産できる受粉に適した種子親の果実の生育ステージを判定するため、カプリフィッグ型品種の花粉が採取できる6月下旬から7月上旬に、フィッグ型12品種の様々な大きさの秋果に人工受粉し、各品種ごとに受粉時の果実横径および雌花の長さ、その果実から得られた種子の発芽率との関係を調査した。

生育ステージの指標を果実横径とした場合には、受粉最適果実の横径は品種間差が大きかった。しかし、すべての品種で果実内部の雌花の長さが2～3mmの生育ステージの果実が受粉に適しており、雌花の長さは受粉最適果実の指標として利用できた。

7. 種子親の違いがF₁の単為結果性をもつ個体の出現頻度に及ぼす影響

単為結果性の異なるフィッグ数品種を種子親とし、同一のカプリフィッグ品種を花粉親として交配し、後代をカプリフィッグ型（雄株）とフィッグ型（雌株）に区分し、それぞれの夏果と秋果の単為結果性を調査した。

カプリフィッグ型で夏果が単為結果する個体の出現頻度は、サンペドロ型や夏果の単為結果性の強い普通型品種が種子親の後代で高かった。

フィッグ型で秋果が単為結果する個体の出現頻度は、普通型品種が種子親の後代で高かった。単為結果性のないスミルナ型品種が種子親の後代では、単為結果する個体の出現頻度は極めて低かった。

8. F₁の果重と果汁の屈折計示度の雌雄および夏秋果間差

異なる交配組合せから得られた9家系について、カプリフィッグ型の夏果、フィッグ型の夏果およびフィッグ型の秋果の果実タイプ別に両形質の家系平均を求めて家系内で比較すると同時に、各家系平均と中間親との相関関係を調査した。

果重については、8家系でカプリフィッグ型の夏果が最も小さく、7家系でフィッグ型の夏果が最も大きかった。さらに5家系で、家系平均の大きい方から、フィッグ型の夏果>フィッグ型の秋果>カプリフィッグ型の夏果の順となった。

屈折計示度の家系平均は、すべての家系で高い方から、フィッグ型の秋果>フィッグ型の夏果>カプリフィッグ型の夏果の順となった。

果重については各果実タイプの家系平均とも中間親との正の相関が高く、屈折計示度についてもフィッグ型の夏果と秋果の家系平均は中間親との正の相関が高かった。

カプリフィッグ型の夏果とフィッグ型の夏果の果重の家系平均は屈折計示度の中間親と、フィッグ型の秋果の屈折計示度の家系平均は果重の中間親と、それぞれ負の相関が高かった。

9. F₁の果皮色b*値の出現頻度とその雌雄間差

イチジクのF₁における果皮色の雌雄別の出現頻度を明らかにするために、異なる交配組合せからの6家系の交雑実生を雌雄に区分し果皮色b*値を調査した。

交雑実生の果皮色b*値を利用することで、簡易にF₁における果皮色の出現頻度分布が得られた。

F₁における果皮色b*値の頻度分布の状態は同一交配組合せ内においても雌雄により異なった。

F₁の雌個体の果皮色は、緑色品種×緑色品種のF₁ではすべて緑色になり、赤色品種×緑色品種のF₁では、緑：茶：赤：黒が1：1：1：1で分離する傾向にあった。

引用文献

- 阿部和幸・佐藤義彦・齋藤寿広・栗原昭夫・壽 和夫. 1993. ニホンナシ果実の熟期と果実重の遺伝相関. 育種 43: 439-447.
- 栗村光男・正田耕二. 1991. イチジクの育種法. 第1報. カプリ種の夏果の生育特性と受粉最適果実の判定. 福岡農総試研報. B-11: 93-96.
- 栗村光男・正田耕二・中山哲雄・野方 仁・高島英司. 1993. イチジクの生産安定技術の確立. 第4報. イチジク‘蓬萊柿’の樹冠構造と果実生産. 福岡農総試研報. B-12: 65-68.
- 栗村光男・正田耕二. 1994. イチジクの夏果と秋果の主要な形質における相関関係. 園学九支研録. 3: 61-62.
- 栗村光男・正田耕二. 1995. 柱頭分泌液を利用した人工培地におけるイチジク花粉の発芽. 園学雑. 63(4): 739-743.
- 栗村光男・矢羽田二郎. 1995. イチジクにおける受粉した果実と単為結果した果実の諸形質の比較. 園学雑. 64(別2): 228-229.
- 栗村光男・矢羽田二郎. 1996. イチジク果皮色の色差計の測色による分類. 福岡農総試研報. 15: 87-90.
- 栗村光男・正田耕二・矢羽田二郎. 1996. イチジクの交雑育種における種子親の違いが単為結果性をもつ後代の出現頻度に及ぼす影響. 園学雑. 65(1): 21-26.
- 栗村光男・矢羽田二郎・正田耕二. 1997. イチジク交雑実生の果重と果汁の可溶性固形物含量における雌雄および夏秋果間差. 園学雑. 66(1): 印刷中.
- BAKER, H. G. 1961. *Ficus* and *Blastophaga*. Evolution. 15: 378-379.
- BARRITT, B. H. and J. EINSET. 1969. The inheritance of three major fruit colors in grapes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 87-89.
- BASKAYA, M. and J. C. CRANE. 1950. Comparative histology of naturally parthenocarpic, hormone-induced parthenocarpic, and caprifig syconia. Bot. Gaz. 111: 395-413.
- BECK, N. G. and E. M. LORD. 1988a. Breeding system in *figus carica*, the common fig. I. Floral diversity. Amer. J. Bot. 75(12): 1904-1912.
- BECK, N. G. and E. M. LORD. 1988b. Breeding system in *figus carica*, the common fig. II. Pollination events. Amer. J. Bot. 75(12): 1913-1922.
- BLONDEAU, R. and J. C. CRANE. 1950. Further studies on the chemical induction of parthenocarpy in the Calimyrna fig. Plant Physiol. 25: 158-168.
- CONDIT, I. J. 1920. Caprifigs and caprification. Calif. Agri. Expt. Sta. Bull. 319: 341-377.
- CONDIT, I. J. 1928. Fig breeding. J. Hered. 19: 417-424.
- CONDIT, I. J. 1938. Parthenocarpy in the fig. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 36: 401-404.
- CONDIT, I. J. 1942. The croisic (cordelia) fig. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40: 255-258.
- CONDIT, I. J. 1950. An interspecific hybrid in *Ficus*. J. Hered. 41: 165-168.
- CONDIT, I. J. 1955. Fig varieties: a monograph. Hilgardia 23(11): 323-538.
- CRANE, J. C. 1948. Fruit growth of four fig varieties as measured by diameter and fresh weight. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 52: 237-244.
- CRANE, J. C. and R. BLONDEAU. 1949. Controlled growth of fig fruits by synthetic hormone application. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54: 102-108.
- CRANE, J. C. and M. BASKAYA. 1950. Differential ovary wall development in fruitlets of hormone-induced parthenocarpic Calimyrna fig syconia. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56: 83-85.
- CRANE, J. C., M. V. BRADLEY and L. C. LUCKWILL. 1959. Auxins in parthenocarpic and nonparthenocarpic figs. J. Hort. Sci. 34: 142-153.
- CRANE, J. C. 1965. The chemical induction of parthenocarpy in the calimyrna fig and its physiological significance.

- Plant Pysiol. 40: 606-610.
- GALIL, J. 1977. Fig biology. Endeavour 1: 52-56.
- 羽生田忠敬・吉田義雄・土屋七郎・真田哲朗. 1977. リンゴの諸形質の遺伝に関する研究. 第2報. 果色の遺伝について. 果樹試報. C 4: 1-11.
- 東尾久雄・岡田邦彦・亀野 貞. 1989. 野菜の収穫適期に関する研究. 第1報. トマト果実の成熟に伴う果実表面色の変化. 園学雑. 58(別2): 622-623.
- 平井重三. 1966. イチジク果実の発育に関する研究. 大阪府立大学紀要. B 18: 169-218.
- 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.
- 平田尚美. 1981. 果実の発育と生理. 農業技術大系(果樹編) 5. イチジク基礎編p31-47. 農文協. 東京.
- 細見彰洋・草刈真一. 1995. 本邦における酵母菌によるイチジクの果実腐敗について. 関西病虫研報. 37: 9-14.
- HUNTER, R. S. 1958. Photoelectric color difference meter. J. Opt. Soc. Amer. 48: 985-995.
- 兵庫県. 1982. 種苗特性分類調査報告書. イチジク. p1-165. 兵庫県農業総合センター.
- 飯島隆志. 1968. 果実内の栄養成分各論. 最新園芸技術 2 果樹の良品生産技術. 小林 章編著. p141-179. 誠文堂新光社. 東京.
- 井上弘明・白戸一士・高橋文次郎. 1987. アボカド花粉の形態と稔性について. 園学要旨. 昭62秋:160-161.
- 井上弘明・高橋文次郎. 1991. アボカドの花粉発芽について. 園学雑. 60(別1): 36-37.
- 伊藤裕朗・高瀬尚明・佐藤栄治. 1987. イチジクの高品質果安定出荷技術. 第6報. 品質評価について. 愛知農総試研報. 19: 303-309.
- 岩波洋造. 1980. 花粉学. p1-212. 講談社. 東京.
- 井山審也. 1976. 量的形質の遺伝. 植物遺伝学Ⅲ 生理形質と量的形質. p369-413. 裳華房. 東京.
- 城島十三夫. 1994. 種々の遺伝子型トマト系統のカロテン色素の形成と着色特性. 園学雑63(1):109-114.
- 城島十三夫・松添直隆. 1994. 露地・ハウス栽培の桃色および赤色系トマト品種の果実の肥大と高温期における色素の形成. 園学雑. 63(3): 581-588.
- 株本暉久. 1986. イチジクの整枝法に関する生理生態学的研究. 特に新たに考案した一文字整枝法について. 兵庫農総セ特研報.
- 筧 三男・横田弘司・山内弘毅. 1965. 赤色系キクの色調とアントシアニン色素について. 園学雑34(3): 88-92.
- 河瀬憲次. 1972. 果樹園芸大事典. p936-938. 養賢堂. 東京.
- 河瀬憲次. 1983. 果樹品種名雑考. p238-247. 農業技術協会. 東京.
- Kertesz, Z. I., M. Eucare and G. Fox. 1959. A study of apple cellulose. Food Research. 24: 14 -19.
- 菊地秋雄. 1948. 果樹園芸学. 上巻(果樹種類各論). p312-326. 養賢堂. 東京.
- 木村伸人. 1992. イチジクの根域制限における水管理. 平3年. 果樹課題別研究会資料. p27-35. 農水省果樹試編.
- KIYOKAWA, I. and S. NAKAGAWA. 1972. Parthenocarpic fruit growth and development of the peach as influenced by gibberellin application. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 41(2): 133-143.
- KJELLBERG, F., P. H. GOUYON, M. IBRAHIM, M. RAYMOND and G. VALDEYRON. 1987. The stability of the symbiosis between dioecious figs and their pollinators: a study of *Ficus carica* L. and *Blastophaga psenes* L. Evolution 41: 693-704.
- KONAR, R. N. and H. F. LINSKENS. 1966. Physiology and biochemistry of the stigmatic fluid of *Petunia hybrida*. Planta. 71: 372-387.
- LODHI, F., M. V. BRADLEY and J. C. CRANE. 1969. Auxins and gibberellin-like substances in parthenocarpic and non-parthenocarpic syconia of *Ficus carica* L., cv. King. Plant Physiol. 44: 555-561.
- 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.
- 町田 裕・小崎 格. 1976. ニホンナシ育種における果実品質の数量的研究. 第2報. 交雑実生集団の統計的考察. 園学雑. 44: 5-329.
- 松原幸子・三木典子. 1992. 人工培地上でのダイコン花粉の発芽促進物質. 園学雑. 61(1): 79-84.

- 松本亮司. 1992. 果実形質の遺伝様式と育種. カンキツの分析・調査法. p130-141. 農水省果樹試口之津支場編.
- 松尾孝嶺. 1978. 人工交配法. 育種学. p259-269. 養賢堂. 東京.
- 三木寿子. 1972. Stigmatic exudate. 花粉. 3: 14-18.
- 中川勝也・株本暉久・中岡利郎. 1982. カラーチャートによるイチジクの着色度と果実の品質. 果実及び葉のカラーチャートの開発と利用方法に関する研究集録. p361-364. 農水省果樹試編.
- NAKAGAWA, S., M. J. BUKOVAC, N. HIRATA and H. KUROOKA. 1967. Morphological studies of gibberellin-induced parthenocarpic and asymmetric growth in apple and Japanese pear fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 37(1): 9-19.
- NEEMAN, G. and J. GALIL. 1978. Seed set in the 'male syconia' of the common fig *Ficus carica* L. (Caprificus). New Phytol. 81: 375-380.
- NITSCH, J. P. 1970. Hormonal factors in growth and development. p427-472. In: A. C. Hulme(eds.) The biochemistry of fruits and their products. Vol.1. Academic Press, London and New York.
- 能塚一徳・平川信之・角 利昭・山根弘康. 1985. in vitro 培養におけるコルヒチン処理による4倍体ブドウの育成. 園学要旨. 昭60秋: 72-73.
- 農林水産省農蚕園芸局果樹花き課. 1995. 果樹栽培状況等調査. p41. 農水省編.
- 緒方邦安. 1968. 果実の肉質. 最新園芸技術2 果樹の良品生産技術. 小林 章編著. p86-100. 誠文堂新光社. 東京.
- 岡崎光良. 1971. ブドウの花粉の発芽に関する研究. 園学要旨. 昭46秋: 54-55.
- 奥瀬一郎. 1972. リンゴ花粉の発芽と花粉管の伸長に関する研究. 第1報. 発芽温度について. 弘前大農学報. 18: 114-128.
- 大友忠三・猪瀬敏郎. 1968. クリの結実に関する研究. 第1報. 花粉の発芽条件について. 園学要旨. 昭43春: 20-21.
- PETRUCCI, V. E. and J. C. CRANE. 1950. Fruit bud initiation and differentiation. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56: 87-92.
- POSTLMAYR, H. I., B. S. LUH and S. J. LEONARD. 1956. Characterization of pectin changes in freestone and clingstone peaches during ripening and processing. Food Technol. 10: 618-625.
- SALEEB, W. F. 1965. Genetics and cytology of syconium persistence in *Ficus carica*. p1-79. Ph.D. dissertation, Univ. of Calif.
- 佐藤明彦・山田昌彦・山根弘康・平川信之. 1993. ブドウ交雑実生における果実形質の反復率と環境変異の特徴. 果樹試報. 24: 1-11.
- 佐藤明彦・山根弘康・山田昌彦・吉永勝一. 1994. ブドウの無核性の遺伝. 園学雑. 63(1): 1-7.
- 佐藤公一. 1953. 無花果・梅・杏・李編. 農学大系. 園芸部門. p1-6. 養賢堂. 東京.
- 正田耕二・粟村光男・金房和己・畠中 洋. 1987. イチジクの生産安定技術の確立. 第3報. 兼用種の夏果生理落果防止. 福岡農総試研報. B 6: 13-16.
- STOREY, W. B. and I. J. CONDIT. 1969. Fig (*Ficus carica* L.). p259-267. In: F. P. Ferwerda and F. Wit(eds.) Outlines of perennial crop breeding in the tropics. Misc. Pap. 4 Wageningen, The Netherlands: Landbouwhogeschool.
- STOREY, W. B. 1975. Figs. p568-589. In: J. Janick and J. N. Moore (eds.). Advances in fruit breeding. Purdue Univ. Press, West Lafayette, Ind.
- 内野浩二・立田芳伸・迫田和好. 1994. 成熟期におけるビワ「茂木」の果実品質と収穫日および果皮色との関係. 園学雑. 63(3): 479-484.
- VALDYRON, G. and D. G. LLOID. 1979. Sex differences and flowering in the common fig, *Ficus carica* L. Evolution 33: 673-685.
- 脇坂幸雄. 1967. 園芸作物における花粉貯蔵の研究. 鳥取大農学部園芸学研究室. p286-316.
- 渡辺慶一・高橋文次郎. 1989. キウイフルーツ花粉の発芽, 花粉管伸長に関する温度と培地条件並びに貯蔵花粉の発芽試験. 園学雑. 57(4): 591-596.
- 渡部由香・白石眞一. 1991. ブドウの果色と果皮アントシアニンの関係. 九大農学芸誌. 46: 33-37.
- 渡部由香・石原浩一・白石眞一. 1992. ブドウ交雑次代における果皮アントシアニン組成の変異について. 九大農学芸誌. 46: 223-230.

- 矢羽田第二郎・栗村光男. 1996. イチジク果実の細胞壁成分の品種間差と成熟過程における変化. 園学雑. 65(1): 41-47.
- 山田昌彦・栗原昭夫. 1984. カキ交雑育種の改良に関する研究. I カキ交雑実生調査における果実形質の Repeatabilityについて. 果樹試報. E5: 1-8.
- 山崎利彦・鈴木勝征. 1980. 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究. 第1報. カラーチャートの色特性. 果樹試報. A7: 19-44.
- YAMASHITA, K. 1987. Studies on self-incompatibility of Hassaku (*Citrus hassaku* Hort. ex Tanaka) -some fundamental experiments focusing on the significance of stigmas in incompatible reactions. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 56(3): 268-272.
- 山下研介・山口和典. 1992. 四倍体ヒュウガナツ花粉の組織学的ならびに生理学的異常. 園学雑. 60(4): 845-849.
- 山下研介・舟川友幸・中野剛. 1992. ハウスマンゴの開花結実に関する1, 2の知見. 園学雑. 61(別2): 152-153.
- 安富徳光. 1994. 熱帯果樹. 施設栽培上の問題点. 熱帯農業. 38: 162-169.
- 吉田雅夫. 1968. 核果類の花粉発芽と温度. 園学要旨. 昭43秋: 2-3.
- 吉田雅夫. 1971. モモの品質に関する育種学的研究. II 甘味. 園試報. A10: 11-26.

A Fundamental Study on Cross Breeding of Fig (*Ficus carica* L.)

by

AWAMURA Mitsuo

Among Common-type fig cultivars in the world, 'Masui Dauphine' and 'Houraishi' are the only ones being cultivated commercially in Japan. Even though new cultivars of high fruit qualities are demanded recently, cross breeding of gynodioecious figs producing first (Summer) and second (Fall) crops by pollination or parthenocarp has not been initiated. To fulfill the present lack, a fundamental study on cross breeding of fig (*Ficus carica* L.) was conducted with the following objectives: (1) to elucidate the effects of pollination on syconium characteristics of fig-type (female) cultivars, and to study correlations between their first and second crops based on the syconium characteristics as a basis for cultivar differentiation, (2) to develop an objective method for a cultivar classification based on skin color, (3) to elucidate the growth characteristics and pollen dispersal period of the first crop of caprifig-type (male) cultivars, (4) to develop a medium for a pollen germination test and to find an indicator of syconium receptivity, (5) to study the parthenocarp occurrence, syconium weight, soluble solid content (SSC) and skin color of the F₁ progenies. The result are as follows.

1. Effects of pollination on syconium qualities and maturation.

The syconia of the second crop of 10 cultivars were investigated. In all cultivars investigated, the seeded syconia had heavy syconium weight, large syconium-shape index (a syconium diameter-to-length ratio), long drupelet and thin syconium receptacle in comparison with the parthenocarpic ones. In the Common-type cultivars, the seeded syconia matured earlier than the parthenocarpic ones. There was no difference in SSC in the juice of most cultivars investigated. The results suggested that the seeded and parthenocarpic syconia differed from each syconium characteristics in a fig cultivar.

2. Correlations between syconium characteristics and maturation of first and second crops.

Several syconium characteristics of the first and second crops of 14 cultivars were investigated. In all cultivars investigated, the first crops had heavy syconium weight, long drupelet and large eye diameter in comparison with the second crops. The maturation period, syconium weight, drupelet length and eye size of the first crops were highly positively correlated with those of the second crops. The 14 cultivars were classified into two types by the SSC in the juice, one was high SSC type in both of the first and second crops and the other was low SSC type in ones.

3. Classification of fig skin color with a color difference meter.

The skin colors of 29 cultivars were classified into nine scales by the conventional classification of skin color, and measured the L*, a* and b values with a color difference meter. The correlations between the nine scales and the L*, a* and b* values were obtained from the results. Therefore, the values might be used as color indices for a classification of skin color. The b* value especially became the most suitable index, because it was most closely correlated with the nine scales among three values. The 29 cultivars were classified into four scales by the b* values of skin color, and this four scales based on b* values simplified the classification of fig skin color in comparison with the conventional nine scales.

There were no significant differences in the L^* , a^* and b^* values of the first and second crops. Therefore, cultivar differentiation based on skin color can be done by determining the skin color of syconium of either first or second crop.

4. Characteristics of syconium growth in the first crop of caprifig-type cultivars.

The syconium of the first crop of caprifig-type cv. 'Caprifig6085' enlarged rapidly from April to early May, and then remained plateau until maturation in late June. This growth curve was different from that of fig-type (female) cultivars.

Florets within a syconium of the first crop of 'Caprifig6085' seemed to be protogynous, because the period of morphogenesis of gall flowers (short-styled pistillate flowers) was earlier than that of staminate flowers. The pollen grains were collected from mature syconium in late June.

The physiological fruit drop of the first crop of 'Caprifig6085' started from early May, and reached about 80% by mid June. Spraying young syconia (about 12 mm in diameter) with 10 ppm GA₃ was effective for the fruit drop control.

5. *In vitro* germination of pollen grains using stigmatic exudate as a promoter.

Long-styled pistillate flowers of 'Masui Dauphine' were embedded (2-3 pistils per cm²) into a basal medium (1% agar + 10% sucrose), and the medium was incubated for 3 hours at 5-15°C. The medium was then used for germination the pollens of caprifig-type pedigree 'V C-180' ('Dauphine Violette' × 'Caprifig6085'). After culturing for 7 hours at 25-30 °C, more than 70% of the pollen grains germinated and grew vigorously.

Pistils collected from syconia (20-32 mm in diameter) of the second crop of 'Masui Dauphine' were considered to be the most suitable resources of exudate. Moreover, even though the syconia of the first crop of 'V C-180' differed in maturity, no differences in the percentage of pollen germination were observed.

6. Receptivity of seed parent syconium to pollination.

To determine the most receptive growth stage of syconium to pollination for producing numerous fertile seeds, pollen grains of caprifig-type cultivars collected from late June to early July were pollinated into various size of syconia of the second crop of 12 fig-type cultivars.

The syconium diameter which is most receptive to pollination differed according to cultivars. However, regardless of the cultivars investigated, the growth stage of syconium with pistillate flowers of 2-3 mm in length was the most receptive. Therefore, this length of pistillate flower can be used to judge the receptivity of syconium to pollination.

7. Effect of different seed parents on the frequency distribution of parthenocarpy in their F₁ progenies.

Several fig-type cultivars with different degrees of parthenocarpy were pollinated with pollen from incomplete parthenocarpic caprifig-type cv. 'Caprifig6085'. After separating their progenies into caprifig (male) and fig (female) types, the occurrence of parthenocarpy in the first and second crops was investigated.

In the first crop of caprifig type, a high frequency of parthenocarpy was found in progenies from San Pedro-type cultivars, and from the Common-type cultivars of a high degree of parthenocarpic syconia in their first crops.

In the second crop of fig-type, the Common-type cultivars produced progenies with a high frequency of parthenocarpic syconia.

Almost no parthenocarpic progenies were produced when a non-parthenocarpic Smyrna-type cultivars was used as a seed parent.

8. Differences in syconium weight and SSC of F_1 progenies of caprifig and fig types, and of first and second crops.

Syconium weight and SSC in the juice of nine families resulted from different cross combinations were investigated. The family means of the groups, namely, caprifig-type first crop, fig-type first crop and fig-type second crop, were calculated, and then the three family means were compared within family in each group. At the same time, the correlation coefficients between each family mean and mid-parental means were also calculated.

The syconia of caprifig-type first crop were very light in eight families, but those of fig-type first crop were very heavy in seven families. The family mean of syconium weight in five families became larger in the order of caprifig-type first crop, fig-type second crop, and fig-type first crop.

The family mean of SSC in all families became larger in the order of caprifig-type first crop, fig-type first crop, and fig-type second crop.

The syconium weight means of each three crop types correlated positively with their mid-parental values, as did the SSC means of each fig-type first and second crops.

The syconium weight means of the caprifig-type or fig-type first crop correlated negatively with the SSC mid-parental values, as did the SSC mean of fig-type second crop with the syconium weight mid-parental values.

9. Differences in b^* value of skin color between caprifig and fig types, and its frequency distribution in their F_1 progenies.

The b^* value of seedling's skin color was used for studying the frequency distribution and the segregation ratio based on four scales of skin color in the F_1 progenies.

After separating the progenies, which resulted from six different cross combinations, into caprifig and fig types, the frequency distribution of b^* value of skin color in the cross combinations of each type was studied. The results showed that even in the same cross combination, the distribution pattern in caprifig-type was different from that in fig type. The fig-type skin colors in the crosses of all green cultivars were all green, and that in the crosses of red and green cultivars were classified into green, brown, red and black, those segregation ratio were satisfactorily fitted with a ratio of 1:1:1:1.

福岡県農業総合試験場特別報告
第9号

イチジクの育種に関する基礎的研究

発 行 平成9年1月
福岡県農業総合試験場
(福岡県筑紫野市吉木)

著 者 栗村 光男

印刷所 城島印刷有限会社