九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

キンギョソウのF_1雑種に関する研究 : I. 2倍性F_1雑種のしめす生態的諸特性について

上本, 俊平
九州大学農学部園芸学教室

https://doi.org/10.15017/22930

出版情報：九州大學農學部學藝雜誌. 21 (2/3), pp.185-213, 1964-12. 九州大學農學部
バージョン：
権利関係：

キンギョソウの F_1 雑種に関する研究*

I. 2倍性 F_1 雑種のしめす生態的諸特性について

上　本　俊　平

Studies on the F_1 hybrids of Snapdragon, *Antirrhinum majus* L.

I. On the several ecological characteristics of various diploid hybrid forms

Shunpei Uemoto

緒　　言

植物の F_1 雑種がその成長及び発育的諸形質において，雑種強勢をしめすことは，Koelreuter のタバコの雑種における優れた豊産性の研究が，その前駆的な究明として引用されるところであるが (Shull 1952)，異型接合としての "hybrid vigor" を概念的に把握し，理論的な解明を与えたのは，Shull (1910), East (1912), Hayes (1912), Jones (1918) らのアメリカ合衆国におけるトウモロコシの育種に関する研究によつてである．

その後，これら heterosis の原因追求に対する理論的解析とともに，各種作物において，その実用化への応用研究が広汎に進展し，トウモロコシを始めとする各種イネ科作物について勿論のこと，園芸作物においても，そ菜園芸に対して早くから利用されてきた．すなわち，Frost (1923) の大根をはじめ，カンランにおける Peason (1932)，ニンジンにおける Borthwick 及び Emsweller (1934)，ナンキンにおける Curtis (1939)，テンサイにおける Stewart, Lavis 及び Coons (1940)，トマトにおける Power (1944, 1945), Williams 及び Gilbert (1960) など，枚挙にいとまなく，わが国においても，十字花科そ菜（熊沢 1935，篠原 1942，柿崎 1949，秋山 1949，伊藤 1954）タマネギ（熊沢 1935）など，ほとんどすべての果菜，根菜，葉菜類におよび，いずれも F_1 雑種における整一性と heterosis について報じている．

ひるがえつて，観賞用草本花卉類においては，その一代雑種の利用がそ菜に比して立ち遅れの観を呈するが，1940年頃より，petunia の全八重咲種育成に，その八重咲性が優性形質であることを利用した F_1 雑種が作出されて以来（禹1943），一朔中に比較的多数の種子を得やすい一・二年性草本花卉，すなわち，*Petunia, Primura, Begonia semperflorence* 及び *Antirrhinum majus* などにおいて多大の成果をあげている．

キンギョソウ（*Antirrhinum majus* L.）は，これらの実用化された F_1 雑種のうち，最も普及度広く，且つ早いもので，特に現在の経済的な切花用品種においては，従来の固定品種がほとんど一代雑種によつて置き換えられたといつても過言ではない．キンギョソウは南欧から北アフリカ地方を主とする地中海沿岸に原生したものと推定され，古くから観賞用に供されていた．現在までのところ，*Antirrhinum* 属には 22 種が記載されており（Bailey 1949），その間の雑種も育成されて研究用，その他種々の目的で利用されてきているが (Baur 1908, 1932, Wheldale 1914, Mather 1949, Dayton 1956)，園芸的に最も広く利用されているのは，*A. majus* 一種である．1930年代アメリカ合衆国において耐病性品種ならびに各種 F_1 雑種の作出を見て以来，促成用，温室用品種が分化発達して，一・二年性草本花卉として最も重要な経済的価値を有する花卉となつた．それ以来，逐次発表されて来た冬咲 F_1 雑種は，従来の固定品種に比べて何れもかなり強勢な成育をしめした．従つてその開花期，草丈などにおける均一性とともにその強勢を利用して，キンギョソウ栽培に一転機を画しつつある．特に，最も進歩した促成栽培法と見られる単茎栽培においては一層その優秀性が生かされ，F_1 雑種の独壇場の観がある．更に今後の見通しとしては，雄性不稔の利用によつて（上本未発表）需要の飛躍的増大が見込まれている花

*九州大学農学部園芸学教室業績

境用矮性 F_1 雑種を供給するとともに，更に雄大な花序をつける tetraploid キンギョソウについてもその安定した F_1 雑種の作出が望まれる．しかるにこれらキンギョソウの F_1 雑種の育成方法，諸特性，および経済的採種法についての研究成果や資料ははなはだ乏しく，Emsweller (1953) による倍数体 F_1 雑種の稔性の向上，Pryor (1951) による花粉媒助の能率的方法に対する研究などを散見するにすぎない有様である．著者はこれらについて既に 1950年以降種々の実験を重ね，ある程度注目すべき成果をあげている．

多くの育種家は作物における F_1 雑種の育成に際して heterosis を現わす組合わせを容易に見出し得るよう組合わせ能力検定を中心に作業を進めてきており，F_1 雑種育成に使用する親系統につき，一定の形質に対して常に方向性をもたせるべく努力してきたといえる．例えば，Carnahan (1947) のアマにおける研究，Power (1945, 1959) のトマトの収量その他の形質における報告，およびトウモロコシにおける Hays (1952) の研究などがそれである．また一方，Hull (1945) らは heterosis の発現に際して異なつた因子座における対立因子間の相互作用にもとづく効果が大であるとし，表現型による選択を殊更にさけている例もある．著者は2つの形質について明らかに対応形質を有すると思われる2種の系統を用いて，他品種との交配を行ない，興味ある結果を得たほか，更に特定の形質につき1品種より分系を行なつた数系統について研究し，それぞれを他の同一品種と交配して，heterosis 発現に対する親の形質の方向性についても若干の興味ある事実を見出すことができた．

F_1 雑種の heterosis 発現に関する研究において相互に独立でない形質，例えば開花期および草丈，開花期および葉数の如く相互に連関すると考えられる諸形質についての究明が従来乏しい．この点は，育種目標を設定する上に重要な事柄であり，特に園芸花卉では，上記例のような利害の相反する形質について強勢が要求されることが多いため，それらの関係を十分見極めて両者の間に妥協し得る点を探求せねばならない．この点の究明に当つては，著者の用いたキンギョソウはその生長発育の諸段階の区別が判然としており，その間の反応の検定が比較的容易な材料で，明らかな相関関係が導き得られた．さらに，それぞれの効果が相殺される如き2形質について綜合的に検討し，その際 heterosis 発現の程度を明確に把握するため，便利な指数の設定をも行なつている．

従来の実験例では F_1 雑種育成に当つて，相反交配によつて形質の表現型が異なることはむしろ稀で，品種間交配においては，環境条件に著るしい差がない限り，その量的形質の発現について見ても有意な差がその間に見られないのが一般的である (Stewart 1940, Jinks 1954, Williams 1960)．キンギョソウにおいてもこの点が従来は明らかにされていなかつたので，著者は2倍体および4倍体を供用して数多くの相反交配を試みて検討を行なつた．

F_1 雑種利用に当つて重要視されるべき事項の一つにその際の採種量の問題がある．Brink (1947, 1952) は，胚乳と珠皮との間における栄養配分の差によつて種子発育の差異が導かれるものとし，交雑授粉と自家授粉とによる獲得種子の差の原因をこれに帰せしめている．キンギョソウのごとく，自然状態下で自家，および他家の両授粉を行ない得るものでは，Pryor (1951) のいう花粉媒助法の利用による差が大きく認められよう．著者はその研究において普通の花粉媒助法の厳密な適用によつて自家授粉および他家授粉を実施し，F_1 雑種および F_2 雑種個体における稔性を詳細に調査した．

また，F_1 雑種利用採種において経済的採種の面から最も強く望まれるものは，既にトウモロコシ，タマネギ (Jones ら 1937)，およびテンサイ (Owen 1945) などにおいて実用化されている雄性不稔系の発見およびその活用であろう．キンギョソウにおいては未だこの種の報告を見ない．著者は 1958年に到り，永年維持してきた自殖系統中に全く新規な雄性不稔個体，すなわち，雄蕊および花弁を全く欠除する個体を発見することに成功した．この不捻形質の遺伝機構，ならびにその利用についても検討を重ねつつある．

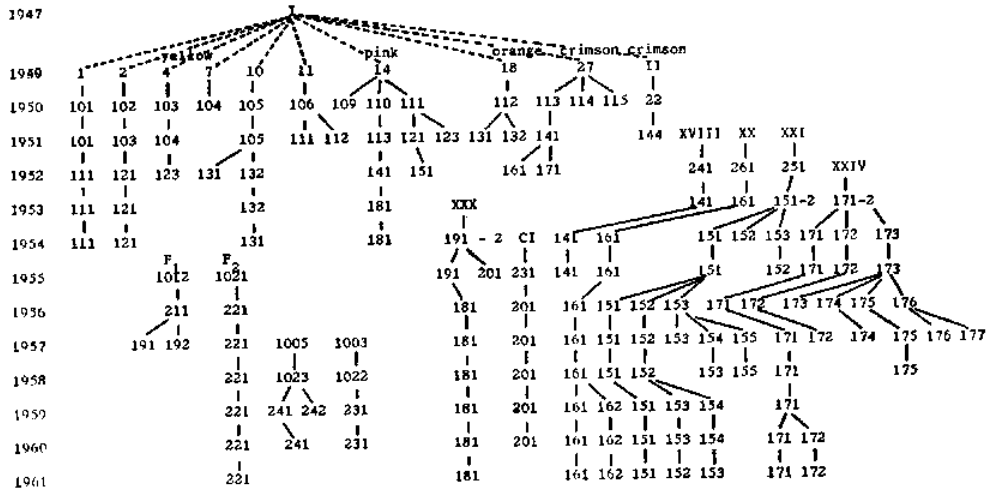
本論文は著者が1950年より1962年に到る間にキンギョソウを材料として，その F_1 雑種の育成に関する上に列記した如き諸事項を中心として実施してきた研究の結果の概要を記述するとともにそれらについて論議を加えたものである．

本研究の遂行について終始懇篤な指導と適切な助言をいただいた九州大学農学部教授福島栄二先生に対し，また常にかわらぬ激励と助言を与えられた九州大学名誉教授伊藤寿刀先生に対して，ここに衷心より深厚の謝意を表する．また実験に際して多大の協力をおしまなかつた方々，特に著者の前任地において数々の援助を頂いた大阪府農林技術センター所長岩田秀夫氏，および同主管岸木博二博士に対してもここに記して深厚の謝意を表する．

材料および方法

1947年，当時坂田種苗株式会社より切花用高性種として市販されていたものを混合品種として導入し，Fig.1 のように分系するとともに，導入3年目よりそれら分系について交配ならびに組合わせ能力の検定を行なつた．更に 1951 年には早生には早生固定品種として "Ball's Supreme Red", "Peace", "Easel" などの品種を，1952年には中生品種として "Luck Strike" を，1954年には "Peggie Schumann" などを導入し，それぞれ分系を行なつた上，新らたに上記の交配親に加えた．なお，1947年の導入品種はすべて中生又は晩生系に属し，一般に春咲品種又は夏咲品種といわれるものであつた．

親系統はそれぞれ自家授粉による自殖系または系統内交配による自殖系統として維持した．



N. B.　I Mixed varieties, XVIII "Easel", XX "Peace", XXI "Ball's Suprene Red" XXIV "Lucky Strike", XXX Orange variety, CI "Peggie Schumann".

Fig. 1. Genealogical map of various diploid parental strains.

栽培に当つて採用した基準の様式は8月中・下旬播種による単茎仕立をとつた．但し，1951年度までは10月下旬に摘心を行つた3本仕立てとしたので，その主茎の調査は行なわなかつた．いずれの場合も生育環境を整一ならしめるため，発芽後20日目頃（本葉2枚程度），直径 9 cm の普通の素焼鉢に仮植して育苗をつづけ，後10月下旬ないし11月上旬に至つて直径18cm 素焼鉢に移し植えてその間できるだけ均一な条件下での栽培をめざした．供試植物体はすべて発芽当初を除いてその全生育期間を温室内で栽培された．温室の冬期最低温度を 7°C～10°C に保持された．なお，それら本研究に供された温室は，その前半（1947～1958）の期間は大阪府堺市大阪府農業試験場の花卉温室であり，その後半（1958～1962）は九州大学農学部温室である．

各年次における調査は，到花日数（播種または摘心より開花迄の日数），第1小花開花時の草丈，全葉数，茎の直径および1花房当りの花数，ならびに一蒴中の完全種子数などを対象としてとりあげた．

交配方法は普通の花粉媒助法によつたが，できる限り厳密に行なつた．すなわち，開花2～3日前に除雄し，開花当日授粉を行ない，両親個体共に硫酸紙袋にて覆い，他の花粉混入を防止した．

実　験　結　果

1. 到花日数について

1）全般的に見た到花日数における heterosis 現象について

一般に heterosis 現象の判定の基準としては，収量のような複雑な形質においては top-parent より優位にあることをもつて heterosis 現象とみなすことが多いが（Williams および Gilbert 1960），その Component と目さる形質（それらも更に細分化され得るが）においては平均親（mid-parent）値よりのふれをもつて正負いずれかの heterosis を表わすものとしている（Mather 1949, Jinks 1954）．従つてここでは全般的には mid-parent よりのふれをもつ

て heterosis 現象として表示し，特別な場合にのみ top-parent との比較を行なつた．

両親系統の早晩性，各年次毎の環境要因の差を無視して，全交配組合わせを通覧した場合（付表 table I～VII参照），mid-parent の値に対する F_1 雑種の値の百分率は，table 1 の下欄にしめすように平均 93.2 %となつている．すなわち，それら F_1 雑種がしめす早生性形質において明らかに heterosis の存在が見られる．各年次における交配組合わせは必ずしも diallel cross の形になつていないため，何らかの数値のかたよりはまぬがれないが，1957年度以降のようにほぼ diallel cross の形になつている場合でも平均 92.5 %となつて，mid-parent に比較して明らかな heterosis 現象をしめしている．

Table 1　Heterosis phenomena as shown in the number of days until blooming with various F_1 hybrids.

Experiment year	Percentage value to M.P.*	Probability of t-test	Percentage value to E.P. †	Probability of t-test
	%		%	
1951 - 52	93.3	$p<0.001$	99.3	$0.8>p>0.7$
1954 - 55	89.7	$0.1>p>0.05$	97.7	$0.6>p>0.5$
1956 - 57	96.1	$0.2>p>0.1$	108.8	—
1957 - 58	93.7	$0.05>p>0.03$	106.8	—
1958 - 59	91.3	$p<0.001$	95.2	$p<0.001$
1959 - 60	99.2	$0.7>p>0.6$	105.3	—
1961 - 62	92.6	$p<0.001$	97.3	$0.2>p>0.1$
1951 - 62	93.2	$p<0.001$		

N.B.　* Mid-parents value,
　　† The value with the earlier bloomers.

すべての親系統を早生系，中生系及び晩生系に分類し，異なつた表現型を有する親系統間の交配ならびに同じ表現型を有する親系統間の交配による F_1 雑種の mid-parent に対する百分率を比較して，その開花の早晩性に関する heterosis 現象の方向性を見出す努力を重ねたが，その結果は何れも無効であつた．

2）到花日数に現われた hetorosis 現象の top-cross による解析

市販 F_1 雑種の親として最も多く使用されていると思われる "Ball's Supreme Red" およびそれと対象

Table 2. Comparisons of heterosis expressions with various F_1 hybrids raised by top-crosses between two species (1960).

Type of crosses	Days to blooming		Plant height		Number of leaves	
	%		%		%	
151×171 (1002)	90.2*		100.8		93.2	
151×231 (1003)	102.6		104.1		109.7	
151×241 (1006)	96.0		104.0		92.1	
161×153 (1008)	91.8		96.9		85.1	
Average	95.2		106.8		102.0	
171×153 (1009)	94.6		107.0		94.2	
171×231 (1011)	102.5		111.0		118.9	
171×241 (1013)	104.3		112.4		104.3	
171×161 (1012)	105.0		118.9		110.5	
Average	101.7		116.5		110.6	
Analysis of variance	N[a)]	P[b)]	N	P	N	P
Inter-species	1	$0.1>p>0.05$	1	$0.05>p>0.02$	1	$0.2>p>0.1$
Intra-species	3	$p>0.2$	4	$0.05>p>0.01$	4	$0.1>p>0.05$

N.B.　* Percentage to the mid-parents values.
　　1) "Ball's Supreme Red",
　　2) "Lucky Strike",
　　a) Degrees of freedom,
　　b) Probability,

的な形質を有する "Lucky Strike" の2品種より得られた系統を供用して，主な形質に現われる heterosis 現象の解析を top-cross によつて行なつた．Table 2 はその結果および各形質の分散分析表をしめしたものである．多数の交配結果を通覧すれば，"Ball's Supreme Red" を交配親として使用した場合，その F_1 雑種は早生性形質に関して heterosis 現象を現わしやすく，"Lucky Strike" の F_1 雑種には草丈における heterosis 現象を表わしやすいことがうかがわれた．尚，"Ball's Supreme Red" と同様な傾向をその F_1 雑種にしめす品種としては，"Peace" および "Peggie Schumann" (Table 3 参照) などがある．Table 2 の到花日数 (The number of days until blooming) の項において "Ball's Supreme Red" および "Lucky Strike" の両品種を母系親として供用した場合には，5%の誤差水準では有意な差が見られないが，これは交配組合わせの数の僅少なことによると思われる．しかし10%の誤差を許容すれば Ball's Supreme Red" は "Lucky Strike" に比して早生性において優れた F_1 雑種を得るためにはより有利な親品種と断定できよう．

"Peggie Schumann" は導入当初，その F_1 雑種に早生性よりも草丈において著るしい heterosis 現象を起さしめる品種と認められたのであつた．しかしその後の選抜効果より今日ではむしろ早生性において優れた F_1 雑種を生み出しうる親系統にまで変化したものである．

Table 3. Percentage values of various characeristics as compared to the respective mid-parent values, with various F_1 hybrids which were raised exclusively using "Peggy Schumann" as one of Parents.

Character	1956-57		1957-58		1958-59					1959-60
	1003	1004	1004	1010	1007	1008	1011	1012	1017	1004
	%									
Days to blooming	98.5	97.2	103.2	83.4	86.3	87.0	86.9	87.5	90.1	91.5
Plant height	151.2	148.5	136.3	108.8	78.0	100.6	96.8	88.8	104.3	97.5
Number of leaves	132.1	131.3	155.0	115.8	63.6	88.4	88.2	86.9	101.1	—

2. 草丈について

1) 全般的に見た草丈における heterosis 現象について

到花日数の場合と同様，全組合わせを通覧した場合 (付表 Appendix table I～VII 参照)，mid-parent の値に対する F_1 雑種の値の百分率は Table 4 の下欄にしめすように 111.2%と相当の増加をしめしており，しかも極めて安全な有意差となつている．年度別に見ても 1954年度における数値組合わせ以外はいずれの年度も F_1 雑種の値の増加は著るしい．1954年度においては一部の組合わせに，早生性に極端な heterosis 現象が見られたため，草丈の著るしい減少をしめす F_1 雑種が含まれ，そのため有意な差とはならなかつたが，残余の組合わせにおいては十分有意な heterosis をしめした (付表 II 参照)．

F_1 雑種の草丈においては，その mid-parent の値に対する百分率が20%を越えて高くなる組合わせは，

Table 4. Heterosis phenomena as shown in the plant height with various F_1 hybrids.

Experiment year	Percentage to M.P. *value	Probability by t-test	Percentage to T.P. † value	Probability by t-test
	%		%	
1951 – 52	119.2	0.001>p	103.1	0.2>p>0.1
1954 – 55	104.0	0.7 >p>0.6	97.7	—
1956 – 57	120.5	0.1 >p>0.05	106.5	0.5>p>0.4
1957 – 58	112.3	0.02 >p>0.01	97.6	—
1958 – 59	108.7	0.01 >p>0.001	97.5	—
1959 – 60	110.6	0.01 >p>0.001	99.8	—
1961 – 62	111.2	0.01 >p>0.001	99.2	—
1951 – 62	111.2	0.001>p		

N.B. * Mid-parents value, † The value with the taller parents.

到花日数のそれに比して極めて多く，後者が全組合わせを通じてわずか2例を数えるにすぎないのに対し，前者においては22例がこれに該当し，更に50%を越えて高くなるものも1例見出されている．これらの事実はキンギョソウにおいてはその早生性よりも草丈において heterosis 現象が現われやすいことを物語るものであろう．

2) 草丈にあらわれた heterosis 現象の top-cross による解析

到花日数の場合と同様 "Ball's Supreme Red" および "Lucky Strike" の2品種を母系親とし，他品種を交配した top-cross による形質 "草丈" に関する分析結果を Table 2 にしめした．母系親として供用した両品種は，その次代，即ち F_1 雑種の草丈における heterosis 現象の発現に対して著るしい差をもつていることが明らかとなつた．すなわち，次代の草丈における heterosis 現象におよぼす効果は "Ball's Supreme Red" よりも "Lucky Strike" の方が明らかに優位にあり，しかもこの傾向は 1959年度のみでなく，当該2品種が交配親として用いられた 1954年度より通覧しても同様のことがいえる．導入当初の "Peggie Schumann" も "Lucky Strike" と同様な特性を有する品種であつたが，前記の如く，特定形質による選抜の結果，この特性は1955年度より失われた．

これら次代の F_1 雑種の高草丈性を現わす2品種は共に茎が剛直で，その栽培において支柱をほどこさずとも倒伏の稀な品種であることは草丈に対する効果と考え合わせて興味ある事実である．

3. 開花期と草丈との相関関係について

キンギョソウはその発育的段階において栄養生長と生殖生長の両者が判然と区別される．従つて開花期と草丈との間には何らかの相関関係が存在する筈である．果して栄養生長相が長いほど，すなわち到花日数が長いほど草丈および葉数は大となり，その反対の場合は小となる．その間に heterosis による幾分かのかたよりはあるにしても正の相関関係が見出された．いいかえれば，早生性と草丈との間に負の相関関係があることになる．比較的多数の F_1 雑種の調査を行なつた1957年～1959年度の3カ年における到花日数と草丈に関する相関関係を求めて見たのが Fig. 2 および Table 5 である．全般的に見て相当顕著な相関関係が見られ，しかもその相関係数は 1959年度において10%近くの誤差危険率がある外は，いずれも極めて安全な有意性をしめしている．その相関係数の平均は $r=0.7$ で，草丈側に幾らか近づいており，形質としても F_1 雑種は到花日数よりも草丈においてより多くの heterosis 現象を現わすことを物語つている．さらに到花日数，または草丈における1単位の増減に対してその対応形質の増減の歩合を知ることは F_1 雑種についてある程度の予測をうるためには有意義であろう．それらの間の回帰係数を求めれば，草丈1単位の増加によつて到花日数 0.320 の増加が予想され，逆に到花日数1単位の増加に対しては草丈 1.680 の増加が見込まれることとなつた．ただしこれらのうち，2・3 の組合わせ（1957年の1010，1958年の1009および1010）では両形質間に負の相関関係が見られた．けだし極端な heterosis の発現例と見るべきであろう．

キンギョソウにおけ到花日数と草丈のような形質は，果菜類における収量を構成する重要な component と目される果数及び果重のように相乗的な方法で表現され得るものではない．むしろ互にその効果は相殺する方向に働くため，キンギョソウの収量ともいうべき商品価値としての heterosis 現象を綜合的に表現することはやや困難である．しかし強いて収量的な表現をとるならば，到花日数の mid-parent の値に対する百分率の逆数に草丈の mid-parent の値に対する百分率を乗じたものをもつて全収穫を表わす指数とし，それによつて，ある程度の表現が可能となろう．この比

Table 5. Correlation coefficients obtained between the plant height (H) and the days to blooming (D).

Experiment years	Correlation coefficient among between H and D	t-test	Regression coefficient	
			Values of D per one unit of H	Values of H per one unit of D
1957 – 58	r=0.714	t=3.22　0.01 >p>0.001	0.4737	1.0629
1958 – 59	r=0.781	t=3.95　0.001>p	0.2069	2.9518
1959 – 60	r=0.534	t=1.99　0.1 >p>0.05	0.2788	1.0246
Average	r=0.676	—	0.3198	1.6798

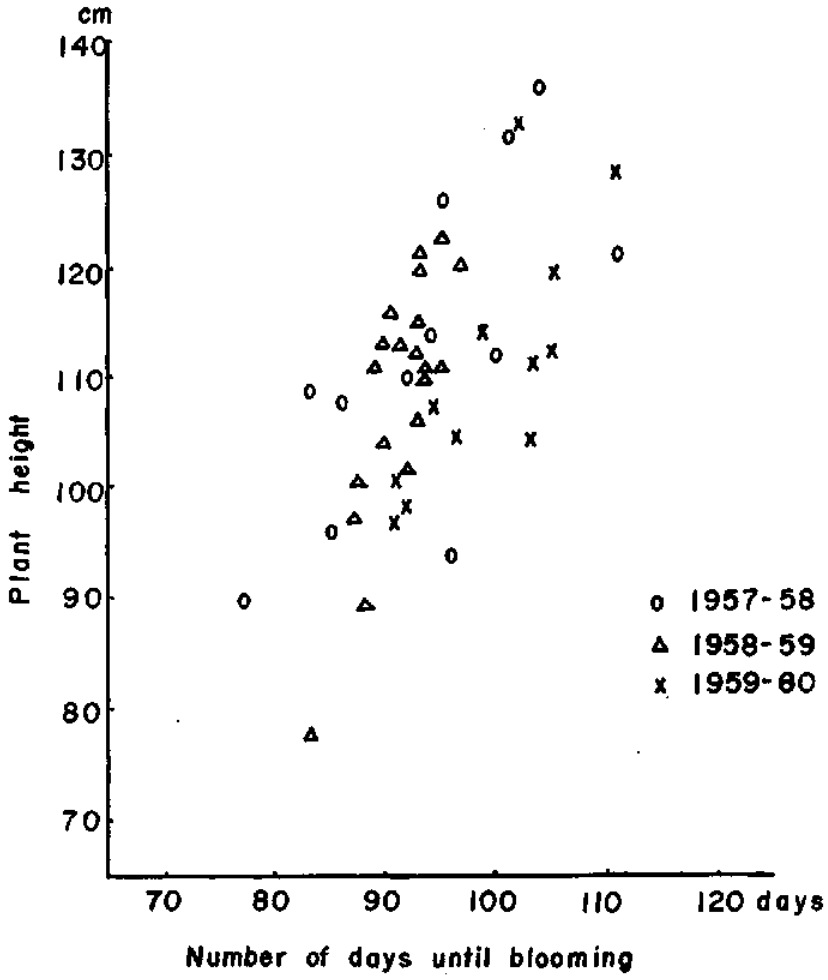


Fig. 2. Scatter diagram compiled with the plant height and the number of days until blooming in the F_1 hybrids raised during 1957-59.

較的単純な指数を著者は heterosis 指数と名付けることとした．これをもつて全組合わせの F_1 雑種について検討を加えてみると，指数 1.0 以下のもの，すなわち負の heterosis をしめすものは僅かに 5 例にすぎず，その他はすべて指数1.0以上をしめし，1.1 以上になるものは 82 例中 62 例でさらに 1.2 以上の著るしい heterosis 指数をしめすものは 37 例に達した（付表 VIII 参照）．このことは個々の component，例えば到花日数，草丈および葉数などに現われた数値を見れば heterosis の程度が必ずしも大きいとは見られない場合でも，互に相反する component を組合わせて検討すれば，キンギョソウは全体として heterosis 現象を現わしやすいものということができる．さらに市場価値の面から考察して，何れの component に如何程重みづけをするかは，その時期により変動する係数を設定して乗ずればよい．かくすることによつてキンギョソウにおける比較的正しい F_1 雑種の園芸的評価が可能となろう．

4. 葉数について

全般的に見た場合（付表 I～VII 参照），草丈における場合とほぼ同様の傾向が見られ，草丈において heterosis をしめすものは，葉数にもほぼ同様な現象が見られた．しかし，全般的に F_1 雑種の mid-parent の値に対する百分率は草丈の場合に比べて低くく，それらの間に有意な差は見られなかつた．このことはキンギョソウの F_1 雑種において伸長生長そのものは相当程度の heterosis をしめすが，葉数はそれに伴つて同じ程度には増加しないことを物語つている．しか

しながら，さきの草丈において極端な heterosis を顕わした 1957年度の 1001, 1002, 1004, および 1011 などの F_1 雑種は葉数においても著るしい heterosis をしめし，しかも到花日数がさほど多くないという事実と考え合わせると（付表参照），heterosis による生育度の増加は相当程度まで促進されうることをしめしている．

また，top-cross による葉数における heterosis の解析の結果は Table 2 にしめされるように供試品種間に有意な差は見られず，"Lucky Strike" を母親とした場合の F_1 雑種においての草丈に対する優位な効果は節間伸長の促進に対するそれであることが間接的に推定される．

5. 茎径および花数について

茎の直径および花数は前記の3形質と比較してその傾向はとらえ難く，また両親系統と比較して各年度共，有意な差の見られないことが多い．個体生長の早さによつて最も影響を受けやすい形質が茎の直径と花数であろうと思われる．即わち，前記3形質に比し，環境による変異が大きく，分散の分析を行なつても，その分散の殆んどが誤差分散に包含される．ただ，自殖弱勢によつて相当劣勢化した両親間の F_1 雑種はその生育が著るしく回復し，両親をしのぐ事が多い外，1花房当りの小花数はやや特有の形質として，その分離が mendelian 行動を取ることもある．しかし技術的には床植えとして潤沢に肥料吸収を行なわしめれば，茎の直径と花数における問題点は殆んど解消するといつてよかろう．

6. 相反交配による heterosis 発現の差異について

多くの作物における異品種，または異系統間の交雑による F_1 雑種は，相反交配による表現型の差異をしめすことは稀である（Stewart 1940, Jinks 1958, Williams 1960）．キンギョソウにおいてはその報告例もなく，F_1 雑種育成の重要な資料ともなり得るので，ここにその相反交配に関する試験結果をとりまとめてみた．

すなわち，1951年，1956年，1958年及び1959年の各年度において相反交配による多数の F_1 雑種を作出し検討した．1958年度においては，特に一部を2区制として検討した．またその両親品種（または系統）はできるだけ多くの系統にわたるよう配慮した．なお，1958年度に供用した "Ball's Supreme Red" の各系統（系統番号 151～153）の間には各形質について有意な差は見られず，それらは同一の系統とみなして取扱うことができる（Table 6 参照）．

1951年度における4組合わせ，1956年における4組合わせ1958年度における24組合わせ，および1961年度の10組合わせ共に相反交配による各形質および heterosis の発現に差異を殆んど見出すことはできず（付表参照），その差が有意なものは極めて僅少であつた．1958年度においては各組合わせに前記のごとくそれぞれ2区制を採用して多数の相反交配による結果を検討した．その概要は Table 7 にしめすと共に，到花日数，草丈および葉数についての分散分析をも併記した．これによれば，いずれの形質についても有意な差は見られず，区間，ならびに異なる組合わせ間にも有意な差はない（Table 8·1, 8·2, 8·3 参照）．特に分散分析表中，相反組合わせの主効果に対する確率はいずれも 50% 以上で，安全に同一母集団に属することになる．

Table 6. Comparison of various characteristic with three different strains which have originated from the same variety "Ball's Supreme Red" (1958).

Character	Strain number	Mean value		Probability	
				F-test	t-test
Days to blooming	151 152 153	162 days 164 164	151 : 152 151 : 153	p>0.2 0.1>p>0.05	0.5>p>0.4 0.2>p>0.1
Plant height	151 152 153	85.3 cm 83.2 82.2	151 : 152 151 : 153	p>0.2 p>0.2	0.5>p>0.4 0.4>p>0.3
Number of leaves	151 152 153	70 63 61	151 : 152 151 : 153	p>0.2 p>0.2	0.8>p>0.7 0.05>p>0.01

N.B. There could not be obtained any noticeable differences among the strains.

Table 7. Comparison of certain characteristics between each pair of F_1 hybrids produced reciprocally. (1958-59)

Reciprocal combination	Days to blooming		Plant height		Number of leaves	
	1	2	1	2	1	2
171×151	145	143	75.0	83.8	48	49
151×171	146	147	77.7	83.3	54	51
181×152	147	146	88.1	89.5	45	54
152×181	144	149	86.0	92.0	45	50
161×152	144	141	85.0	82.4	48	49
152×161	143	142	82.0	84.5	45	48
Probability*	p>1.0		p>0.5		p>1.0	

N.B. * By the analysis of variance.

Table 8.1. Analysis of variance with the characteristics treated in table 7.
1. Days to blooming.

Source of variation	Sum of square	Degrees of freedom	Mean square	Probability
Reciprocal crosses (A)	0	1	0	p=1.0
Plots (B)	1.334	1	1.334	0.8>p>0.7
Species (C)	15.170	2	7.585	p>0.2
A-C	12.490	2	6.245	p>0.2
C-B	3.16	2	1.580	—
A-B	3.00	1	3.000	0.6>p>0.5
A-B-C	10.546	2	5.275	
Total	45.700	11		

Table 8.2. Analysis of variance with the characteristics treated in table 7.
2. The plant height.

Source of variation	Sum of square	Degrees of freedom	Mean square	Probability
Reciprocal crosses (A)	0.3	1	0.3	p>0.5
Plots (B)	2.0	1	2.0	—
Species (C)	2.1	2	1.05	—
A-C	7.0	2	3.5	0.1>p>0.05
C-B	7.0	2	3.5	0.1>p>0.05
A-B	5.0	1	5.0	0.1>p>0.05
A-B-C	0.6	2	0.3	
Total	18.0	11		

Table 8.3. Analysis of variance with the characteristics in table 7.
3. The number of leaves.

Source of variance	Sum of square	Degrees of freedom	Mean square	Probability
Reciprocal crosses (A)	0	1	0	p=1.0
Plots (B)	21.333	1	21.333	0.1>p>0.05
Species (C)	18.667	2	9.333	p>0.2
A-C	24.000	2	12.000	p>0.2
C-B	32.667	2	16.334	0.2>p>0.05
A-B	3.000	1	3.000	p>0.2
A-B-C	6.000	2	3.000	
Total	105.667	11		

7. Heterosis 発現における定方向性について

F_1雑種利用による新品種の育成に際して heterosis の発現において定まつた方向性を賦与することは最も重要な課題の一つであるばかりでなく，組合わせ能力の検定においても常に論議される研究課題でもある．そして top-cross によつて何らかの解決への糸口を見出そうと努力するのが一般的であることは周知の通りである．供試された親系統と F_1 雑種との相関関係に重要な意義を認める Power(1945) および Carnahan (1947) らの研究のある反面，また逆の立場における Hull (1945) らのごとく，その関連性を全く否定する研究の成果や意見も見られる．さらにその後の Mather 一派および Jones らの研究によれば，heterosis の発現に際しては優性因子，overdominance，または epistasis などが関与し，しかも環境要素とそれらとの相互作用も無視できぬものがあるとせられている (Goldon 1953).

著者は，1956年度において品種 "Lucky Strike" よりそれぞれ高草丈性ならびに到花日数の減少の2項目に目標をおいて分系を行なつた3系統をえらびこれらに他の2品種をそれぞれ人工交配した．かくして作出された F_1 雑種を供用して到花日数，草丈，葉数および茎径などの諸形質について上記の定方向性の有否の検討を行なつた．

2通りの組合わせ交配にもとづく F_1 雑種およびその両親系統における形質発現の様相は Table 9 および Fig. 3 にしめすごとくである．ただし，母系親として供用した 171, 174 および 175 (176 を含む) は1952年度より，早生性および高草丈性の両形質についてそれぞれ分系を開始したもので，1956年度にはほぼ目的通り（表にしめすごとく）固定されたものと見なされた．到花日数については Fig. 3 のように品種 "Peace" (系統161) に対する171および174両系統の F_1 雑種は全く同じように著るしい heterosis を現わし，175 との F_1 雑種は mid-parent の値に近く，殆んど heterosis をしめさなかつた．すなわち後者の場合は早生性に関与する polygene 系において単なる部分優性をしめすにすぎないものと考えられる．同様の傾向は，対181系統（極早生橙色矮性系統）の場合にも観察された．〔171 および 174〕×161 の組合わせによる F_1 雑種における草丈は，到花日数に著るしい早生性 heterosis をしめしたために，それとの負の相関関係によつてやや負の効果になつて現われているが，175×161 は mid-parent に対して著るしく positive な heterosis 現象を現わしている．これと同様な傾向は，対181系統の F_1 雑種にも現われた．葉数 (Table 9 参照) および茎径においては，草丈の場合と似た方向にあつた．以上の結果より見て，到花日数の減少（早生性）に目標を置いた F_1 世代を望む場合は，早生性に関して優位な形質を有する親系統を供用すればよく，反対に高草丈性に重点を置く場合は早生性をいくぶんぎせいにしても草丈において優位をしめす親系統を使用すべきであることが推論される．ただし，上記の結果は，同一品種内における分系育種にもとづく系統間における交配親としての比較によるものであるから，異品種または上記以外の諸形質に関する genotype を全く異にする系統を供用する場合には必ずしも上と同様な推論が成立するとは限らないことを付記しておく．

さらに Table 9 および Fig. 3 を詳細に検討すると

Table 9. Comparisons of characteristics among 3 genotypically distinct parental strains raised from "Lucky Strike", and as well as various F_1 hybrids produced by the crosses between either one of the 3 strains and certain other varieties.

Parental strains and it's combinations	Days to blooming	Plant height	Number of leaves
	days	cm	
171	134	96.7	60
174	153	117.5	62
175	159	124.6	67
1013 (171×181*)	106	87.5	44
1012 (174×181)	107	97.5	45
1011 (176×181)	121	117.5	60
1016 (171×161†)	108	88.3	43
1015 (174×161)	105	91.7	42
1014 (175×161)	140	118.0	66

N.B. * An early variety with orange flower colour, † "Peace".

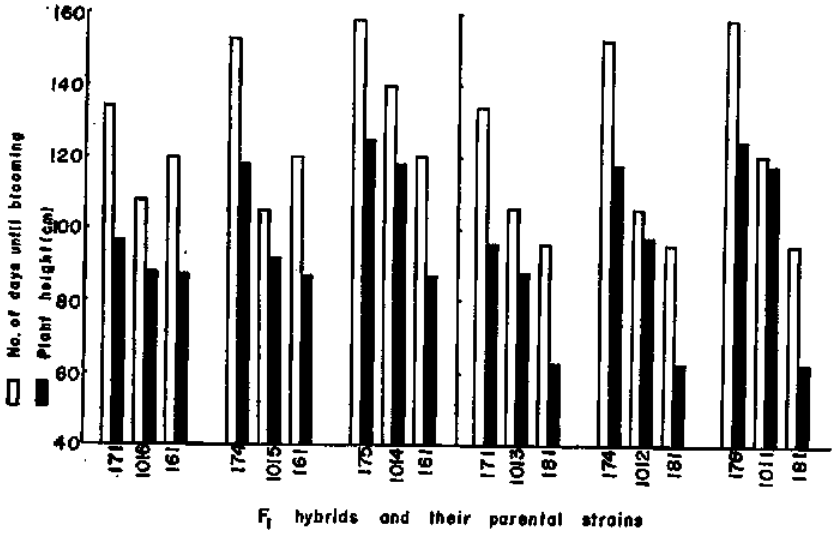


Fig. 3. Different heterotic expressions as compared among several cross-combinations examined betweeen either one of three genotypically distinct strains of the "Lucky Strike" and some other variety. (1957)

き，母系親として供用した3系統のうち，系統174および175は系統171に比して，当該形質に関して著るしく異つているが，174と175の両系統間は極めて近縁のものの如くで，すなわち，早生性および草丈を支配する遺伝子においては見かけ上あたかも同じ genotype を有するかの如くに思われるが，他の一定品種との交配によるそれぞれの F_1 雑種はおのおの全く異なつた表現型をとつて，さきの推定とは逆に，171および174の両系統はあたかも同じ genotype をもつかのごとくに行動した．この事実は異なつた系統間において，ある polygene 群が関与する形質に関して形質発現と環境要因との相互作用において異なつた生育反応をしめす筈のものが，一旦 heterosis が現われた場合は，僅かの polygene の差による表現型の差を克服して heterosis を発現させ得ることをしめすもので，両親系統と F_1 世代との間における変異幅の差異の生ずる原因となり得るものと考えられる．またこれを利用して表現型において差を示す多くの系統（同一品種から分系された）の間における genotype の近縁関係を検定するための有力な方法として役立てうるものといえよう．

なお，それぞれの分系系統および各組合わせの F_1 雑種の phenotype による差の有意性は Table 10 にまとめて表示した．これによれば174および175の両系統は調査対象となつたすべての形質の phenotype において極めて安全に同じ系統と見なし得るが，171と174両系統の差は有意なものである．171×161および174×161には有意な差は見られないが，それらと175×161の間の差は明らかに有意なものである．系統181との各組合わせについてもほぼ同様の結果が

Table 10. Significant levels of the differences observed between the characteristics of various F_1 hybrids, and of those among their parental strains compiled in table 9. (1957)

F_1s and their parental strains	Probability			
	Days to blooming	Plant height	Number of leaves	Diameter of stem
1014 : 1016	0.001>p	0.001>p	0.01 >p>0.001	p>0.5
1014 : 1015	0.001>p	0.001>p	0.001>p	p>0.5
1011 : 1013	0.01 >p>0.001	0.001>p>0.001	0.01 >p>0.001	p>0.5
1011 : 1012	0.01 >p>0.001	0.01 >p>0.001	0.01 >p>0.001	p>0.5
175 : 171	0.001>p	0.001>p	0.2 >p>0.1	0.05>p>0.01
175 : 174	0.2 >p>0.1	0.4 >p>0.2	0.4 >p>0.2	p>0.5

得られている.

8. 種子稔性について

種子稔性も，自然条件下での他家，又は自家授粉植物たるを問わず，育種事業における重要研究課題の一つである．特に F_1 利用の育種においては採種量及び採種経費に多大の影響を与え，その品種の経済性を左右する．園芸花卉においても例外ではない．

キンギョソウの種子稔性については，Emsweller (1953) による tetraploid の稔性の向上に関する報告があるが，2倍体及びその F_1 雑種育成に際しての種子稔性に関する研究および資料は殆んど見ない．2倍体キンギョソウの種子稔性は一般に良好で，自殖の世代を重ねてかなりの自殖弱勢をしめす系統でも平均胎座数（約 550）の ⅓ の種子数を数えることができる．しかし，除雄，授粉，採種のすべてを人工で行なつている現状では，1日1人平均 1500 花の除雄並びに授粉可能として，1蒴平均 50 粒だけ差ができれば，1日 75000 粒の差を生ずる．現在 F_1 雑種の種子は1粒 0.5～1.0 円程度で販売されているので，1人当り10日間で約 350000～750000 円の収益差を生ずることになる．

著者は1952年度より1957年度まで2倍体キンギョソウ純系の自殖，純系系統内，系統間，品種間および F_1 世代などの交配による1蒴中平均種子数を調査し，種子稔性表現の尺度として検討を加えた．なお，2倍体キンギョソウの1子房内胎座数は系統および品種による差は無視し得る程度であつたので，その詳細な調査は行なわなかつた．

従来キンギョソウは他家授精植物といわれているが，著者の実験の結果，むしろ自家授精植物に属しているといえる．また自殖による稔性が優れている個体は他殖においてもすぐれた稔性をしめすほか，一般に F_1 世代における種子稔性は親系統に比して著るしく向上し，その平均種子数は胎座数の 100 %近くまで増加した．

1952年度において，自殖5代目の3系統を供試し，その自家授粉および系統内交配授粉を行なつて一蒴中の平均種子数を調査した．その際の稔性は Table 11 にしめしたように，系統内授粉においては自家授粉における種子数に比して同等または減少しており，しかも自家授粉にて他の個体よりも優れた稔性をしめすものは，系統内他花交配でもその稔性が優れていた．1953年度に行なつた実験においてもほぼ同様な結果が得られた．さらに，1957年度に，品種 "Ball's Supreme Red" を供用してその分系系統間および他品種との間に多数の交配実験を重ねた．1957年度における "Ball's Supreme Red" に自殖又は系統間交配による7代目で，151，152，153，154 および 155 の5系統に分けられたが，系統151は突然変異系として不完全雄性不稔形質を発現したので調査からは除外した．こ

Table 11. Comparison of the seed fertilities obtained by the self- and the cross-pollinations in diploid forms. 1. Among 3 strains tested. (1953)

Strain number	Number of viable seeds formed per pod	
	by self-pollination	by cross-pollination
111	276	273
121	236	179
132	238	175

Table 12. Comparison of the seed fertilities obtained by the self- and the cross-pollinations in diploid forms. 2. Among 4 strains selected within the variety "Ball's Supreme Red".

Strain number	Number of viable seeds formed per pod		Correlaton coefficient
	by self-pollination	by cross-pollination	
152	150	126	
153	170	139	r=0.903
154	197	171	
155	226	167	0.1>p>0.05*

N.B. * In t-test the probability becomes to be about 0.05 %.
Coefficient of regression (linear regression):
The one unit increase in the number of seeds raised by the self-pollination corresponded to the increase of 0.596 unit of those by the cross-pollination, and the one unit increase by the cross-pollination was, in turn, correlated to 1.369 increase by the self-pollination.

れら交配実験のうち，系統間における種子稔性の比較の結果は Table 12 に示すごとくである．上記結果も先の系統内自家および他家授粉による稔性の比較結果統と同様，自家授粉において稔性の良好なものは，他系との交配授粉においてもまた概して優れた稔性をしめした．念のため，自家授粉および他系統間交配授粉の間の種子稔性における相関関係を調べて見ると r=0.903 と極めて高い正の相関が得られた．また両者の間の回帰系数を求めると，表中に示したように自家授粉による 1 単位の増加は他家交配で 0.5964 単位増加を意味し，両者の増加は平行的ではないことがわかる．

さらに同年度，自殖 4 ～ 7 年目にあたる 5 品種を供用して，自家授粉および品種間交配授粉を行なつて，先の場合と同様な調査を実施した．その結果をまとめたのが Table 13 である．この場合も両者の間に高い正の相関，すなわち，r=0.942 なる相関関係が得られた．またその回帰係数からみれば，先の品種内系統間の場合よりも品種間の交配による方が，自家授粉による単位増加に対しての増加歩合が大きいことが判明した．

次いで，F_1 世代の種子稔性をも含めて 1956 年度および 1957 年度に調査した結果を Table 14 にまとめた．F_1 雑種稔性はすべて自家授粉によるものであるが，いずれも極めて良好で，親品種（または系統）の自家，他家授粉による種子稔性の 3 ～ 4 倍にも達する

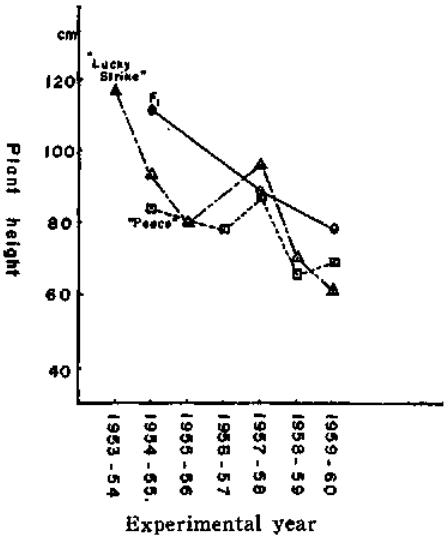


Fig. 4. Transitional trends of plant height from year to year with the parental varieties and their corresponding F_1 hybrid forms raised. Decreasing tendency of plant height in F_1 hybrids was clearly exemplified with due pace with their parental varieties.

Table 13. Correlation and regression of seed fertilities between self-and cross-pollinations in diploid form. 3. Among 5 different varieties tested. (1958)

Strain no.	Number of viable seeds formed per pod		Correlation coefficient
	by self-pollination	by cross-pollination	
161	97	85	
152	150	126	r=0.942
171	189	199	
181	200	162	0.02>p>0.01
191	245	279	

Coefficient of regression (linear regression):
The one unit increase in the number of seeds raised by the self-pollination corresponded to the increase of 0.709 unit of those by the cross-pollination, and the one unit increase by the cross-pollination was, in turn, correlated to 1.253 increase by the self-pollination.

Table 14. Comparison of the seed-fertilities, of the diploid forms and as well as their F_1 hybrids, as shown by the grand average number of seeds produced per a pod with whole the individuals examined.

Experiment year	Number of viable seeds formed per pod		by self-pollination in F_1
	by self-pollination	by cross-pollination	
1956 - 57	154	135	453
1957 - 58	185	171	451

好結果を得た．このことは将来，F_2 利用に当つて，種子生産のコスト・ダウンに極めて有利な資料を与えるものと見られる．

考　　察

1. Heterosis の基準について

一般に複雑な形質における heterosis の発現はその大部分を両親の優性因子に負うとされており，またその複雑な形質を組立てている各 component の相乗的な結果として導かれるものであるという (Mather 1949)．従つて，収量のような複数の component の組合わせによつて形作られているものでは，それらの効果が相乗される結果，Hays (1946)，Williams & Gilbert (1960) など諸研究者がトマトの収量における heterosis の説明にその基準として top-parent よりも優位にあることをもつてしているのが妥当と思われる．その最も単純な例として次表の如き場合があげられよう．

	1st component of yield	2nd component of yield	Yield
Parent A	1	3	3
Parent B	3	1	3
F_1 (A×B)	2	2	4

(Williams & Gilbert, 1960)

上表のような場合は mid-parent において既に収量はいずれの親よりも大になるので何らかの形で個々の component に heterosis 現象があれば，当然 top-parent より優る筈である．一方統計遺伝学の立場から，Mather (1949), Jinks (1954)，および Haymann (1954) らはその報告の際，個々の形質における heterosis 現象は mid-parent 値よりの偏差をもつて表らわしている．著者のキンギョソウの場合は後者と同様の尺度を採用することとし，実験結果の検討を行なつた．

キンギョソウにおいては，到花日数と草丈，または到花日数と全葉数のように，その効果が互に相殺する如き形質が存在し，それら複数の形質を綜合的に考察して F_1 雑種の heterosis 現象を検討せねばならない場合もある．この場合は前掲のトマトの収量の表現方法のように単に複数の形質の測定値を乗ずることは意味がなく，むしろそれらの内の何れか一方を逆数として乗ずる必要があろう．かくして，著者は次式によつて導かれる数値をもつて，キンギョソウにおける最も重要な形質につき数値として表現し得るものとして，これを heterosis 指数と呼ぶことにした．これによつて以下検討を加えてゆくことにした．

$H=\frac{m_1 \cdot f_2}{f_1 \cdot m_2}$　H : heterosis 指数，m_1 : 到花日数の mid-parent 値，f_1 : 到花日数における F_1 雑種の平均値，m_2 : 草丈の mid-parent 値，および f_2 : 草丈における F_1 雑種の平均値とする．つまり，到花日数における F_1 雑種の平均値に対する mid-parent の値の比数（又は百分率）の逆数に，草丈における F_1 雑種の平均値に対する mid-parent の値の比数（又は百分率）を乗ずることになる．

分母，分子共に同数値，すなわち H=1.0 の場合は heterosis 現象は存在せず，H＜1.0 の場合は負の heterosis が，H>1.0 の際には正の heterosis が発現したものと判断できよう．到花日数の mid-parent 値に対する比数を逆数としたのは，一般に早生性の強く表われるものでは到花日数が少なく，従つてその比率が1以下になる可能性が普通であるからである．この様な指数は互に効果を相殺する2個の形質についての綜合効果表現方法として，他にも準用し得るであろう．

2. 全般的に見た F_1 雑種における heterosis 現象について

一般に交配親として供用した品種の違いによつて，期待する heterosis の表われる形質にも差のあることは当然考えられる．現に "Ball's Supreme Red"，および "Lucky Strike" を交配親として使用した場合のそれぞれの F_1 雑種の示す表現型の差は top-cross の結果として比較的明確にされ，前者が到花日数に，後者は草丈に優位をその F_1 雑種に与えることが判明した．更に，heterosis 指数によつて各品種，または系統を交配親として供用した場合の差を出して見ると，次表の如くであつた．何れも H指数 1.20 以上を示した交配組合わせ数の全組合わせ数に対する発現の頻度を表わしたものである．

Ball's Supreme Red	38.4 %
Lucky Strike	32.3 %
Peggie Schumann	44.4 %
Peace	35.3 %
No.181	70.8 %

上表の結論としては，"Peggie Schumann や No. 181 は交配親としてはなはだ優れているようである．

しかし園芸的な F_1 育種の目標は多岐にわたつており，ただ晩生品種と早生品種，晩生品種と中生品種などの組合わせによつてそれらの mid-parent 値に比して著るしい heterosis をしめすからといつて，直ちに促成栽培用キンギョソウの F_1 雑種として優れているとは限らない．もちろん将来花壇用品種として露地植え高性品種が望まれるようになれば，十分に一つの目標として設定されようが，現在の状況下においては，早生種の組合わせによる F_1 雑種の示すある程度の heterosis 発現で満足することも十分考えられる．このような観点から，中生品種として優れた組合わせ能力をしめす "Peggie Schumann" よりも早生種として常にある程度の heterosis を現わす "Ball's Supreme Red" が，優良な親品種として一般に評価されているゆえんでもあろう．また，No. 181 は早生親としては極めてすぐれた系統であるが，花付が粗となりまた草丈もやや低い缺点をもつているので現在のままでは，交配親として最上のものとは認められない．

さらに，H指数を活用して到花日数と草丈，到花日数と全葉数，との2種類の組合わせによる綜合的の heterosis 効果を検討して見ると，前者の場合の総平均が1.21であるに対して後者のそれは1.12であつた．すなわち，全葉数は F_1 雑種においてもさほどの増加をしめすことは例に乏しく，むしろ節間伸長による草丈の伸長性に heterosis の表われ易すいことを物語つている．草丈の伸長性に heterosis 現象の現れ易すいことは，到花日数において F_1 雑種の値が mid-parent 値よりも 20％以上縮少することは稀であるが，草丈においてはその差50％をこえるものもあり，20％をこえるものもかなり多いことからもうかがえよう．Whaley (1952) は F_1 雑種は純系に比し，発芽が早く，初期生育も著るしく大であることを報告しているが，キンギョソウもその例外ではなかつた．F_1 雑種は両親系統に比してその発芽が約2日間早く，発芽後の1カ月間における生長も速やい，指数的生長曲線の直線部に入る時期も明らかに短縮された．

3. 到花日数と日長との関係について

キンギョソウは，古くから長日植物として知られ，原生地（地中海沿岸）では夏咲きの草花に属している．この性質を現在までも強く受けついでいる従来の晩生品種は，4倍性品種と同様に，11月頃より翌年の2月頃までは自然日長下で栄養生長のみを続ける．しかし，近年に至つて育成された新しい促成用早生品種およびそれらの F_1 雑種品種は，それらの日長に対する適応性の幅が広くなつて，その殆んどが冬期最も日長の短くなる12月前後においても生殖生長相に転換し得るのである．晩生品種は十分長い日長と比較的高温度さえ環境条件としてそなわれば草丈は十分でなくとも極端に早く開花することもあり得る．現に5～6月頃に播種すれば早く花芽を分化し開花に到るが，早生品種は日長に鈍感なため，或る程度の栄養生長を続けた後，初めて生殖生長に入るものである．従つて春から夏への生育期間においては早生性に優れた F_1 雑種が必ずしも両親系統より早く開花するとは限らない．また8月頃播種した場合，晩生品種の内の何個体かが早生品種より早く開花に到ることも知られている（上本 1954）．

4. F_1雑種における heterosis の安定性について

F_1 雑種品種に対して要求せられている重要な事項の一つとして，相当世代を重ねる間にもそれらがしめす heterosis が十分に安定であるという問題がある．交配親はある程度遺伝子組成のヘテロ性を保持するよう，集団選抜法などによつて維持を計ることが好ましいとされており，特に園芸作物のように対象因子の多数におよぶものにあつてはこの点が強調されている（伊藤 1954）．しかし，実際にあつては育種家の主観的意向が強く働らき，どうしても偏向選抜や極端な自殖弱性をともないがちになることも否めない．その結果として，F_1 雑種としての種々の特性が変化することもある．

トウモロコシ，十字花科そ菜などでは自殖弱勢は F_1 雑種を利用することにより十分に克服せられるのみでなく，著るしい heterosis 現象をしめすことがしばしば報告されているが（Shull 1952，伊藤 1954），キンギョソウにおいては両親系統の自殖弱勢によつてその F_1 雑種に表われる heterosis に差異が見られた．Fig.4 は "Lucky Strike"，及び "Peace" の自殖弱勢によつて F_1 雑種のしめす特性の変化を特に草丈についてしめしたものである．両親系統の自殖のみによる維持では優性遺伝子の喪失，異なつた locus における epistasis に対する適合遺伝子の喪失などによつて F_1 雑種のしめす heterosis 減少の危険性を認めねばならない．しかし，キンギョソウにおいては草丈と正の相関関係を有する到花日数との兼ね合いもあつて，一概に組合わせ能力の低下とはいえない場合もあろう．すなわち，"Peggie Schumann" も前記の例に似た傾向をしめすが，F_1 雑種における高草丈性の喪失は逆に早生性において著るしい heterosis をしめ

すようになつてきている．従つて育種に際しての選抜者の主観的意志による偏向選抜は，その結果として必ずしも劣悪化に向うものとは限らず，むしろ目標とする形質に対する執着が，その形質に対する優れた組合わせ能力をもつものに変遷して変化して行くこともあり得るであろう．

また，いたずらに目標をもたない自殖をくりかえすことは親系統としてはそれが F_1 雑種への組合わせ能力の減衰をまねくかも知れない．しかし注意深い純系育成は作出したい F_1 雑種に定まつた方向性をもたせる意味で重要視されよう．すなわち，各種形質にそれぞれ重点を置いて著者が分型してきた系統，例えば1957年度の "Lucky Strike" における 171, 174, および175の諸系統の如きは，他品種との交配による F_1 雑種において，それぞれ分系した親の特定形質の方向に，例えば早生性，または高草丈性に hetrosis を表わすことが認められた．このことは将来可及的に整然とした F_1 雑種作出えの方途につき目安を与えるものといえる．更に収量のような複雑な形質においては，収量の函数になるような形質を見つけだし，更にその形質について分型を試みることが肝要であろう．

5.　種子稔性について

種子稔性の向上も F_1 利用の育種にとつて重要な研究課題の一つであるが，キンギョソウのように1萌中の種子数の多いものでは問題となることは比較的まれであろう．しかし，両親系統の自殖による維持を重ねるために，種子稔性の低下を招く危険性も多分にあり，実験の結果もこの点を裏書きする傾向をしめした．Bulk method によつて両親系統の推持を行なう場合も，自然状態においては自家受精による結実が多いことが予想されるため，自殖による系統維持の場合と同様な危険性をはらむことも考慮せねばならないであろう．

キンギョソウも実験の結果より推して自家受精による種子稔性が他家のそれよりも優れた植物である．そこで直ちにキンギョソウは自家授粉植物なりと判断することは危険をともなうが，実験の結果が自殖による種子稔性の優れていることをしめしている上に，その花器の構造上より見て，風等の物理的に与えられる振動で直ちに自家授粉が行なわれることは，Prayor (1950) の実験によつても明らかである．自花授粉による種子稔性のすぐれていることは4倍性品種にも認められ，キンギョソウにおける通性とも考えられる．

種子発達の機作については，Cooper & Brink (1939, 1940), Brink (1952)などの報告があり，被子植物にあつては，母系細胞組織と，接合子との間に介在してその連絡的作用をも果すべき胚乳と，胚，および珠被の発達がすべて授精後に起こる．そのため，種子に到る維管束群が，種子の大部分を形成すべき胚乳，および珠被に接する部分において養分の争奪が行なわれ，自家不稔系植物においては，珠被への養分移行が胚乳への養分移行に優るため，珠被に対する胚乳の発達が著るしく劣り，胚乳発達の中止，ひいては胚の発達の低下をも起すものとしている．また，この養分争奪の際，遺伝的に母系細胞に属する珠被と交雑細胞に属する胚乳との間における遺伝子相互作用も大いに胚乳発達の過程に影響を与えるものとしている．キンギョソウにおいては，他家授粉に部分不稔を見，自花授粉による稔性がより優れているので，上記の場合とは逆の機作によることが考えられる．すなわち，自家不稔系作物においては，胚乳における母系及び父系遺伝子の雑種性状態が珠被との養分争奪に際して一種の heterosis を伴うのに対し，キンギョソウにおいてはかかる heterosis をおこすには到らないものと推定される．胚乳における染色体構成は，母系染色体 2n＋父系染色体 n である．従つて母系染色体の種子稔性に関与する遺伝子構成における優位は，そのまま系統間，または品種間交配における種子稔性にも影響を与えていると思われる．

摘　　要

1・2年性草本花卉として園芸上重要な位置を占めるキンギョソウは，現在 F_1 雑種利用の点からみてもその最も高度な花卉の一つといえる．それにも拘らずこれに関する研究報告は殆んど見るべきものがない．著者は1951年度より1961年度まで，一般に使用されている2倍性品種 (2n＝18)，および4倍性品種 (2n＝36) を供試して，種々の F_1 雑種を作出し，それらの特性について種々の事項を明らかにすると共に，それら実用性の向上の一助にするため，育種手段についても種々の研究を行なつてきた．本報告はそのうちとくに2倍性 F_1 雑種のしめす生態的諸特性についての研究の成果の概要を取扱つたものである．

(1) 各形質のしめす heterosis 現象の基準としては，両親系統のしめす値の平均，すなわち mid-parent 値よりの正負いずれかへのふれをもつてこれにあてた．

(2) 到花日数，すなわち開花の早晩性に関しては全組合わせを通覧すれば，F_1 雑種はその両親の mid-

parent 値に対する比率としては 93.2 %となり，若干の heterosis の存在することが明らかとなつた．Diallel cross による 1957 年度以降では，その値が 92.5 %となり，この形質に関しては更に heterosis 程度の増加が認められた．

(3) 草丈においては，その heterosis は到花日数のそれよりも更に著るしく，且つそれが全組合わせを通じての普遍的現象であつた．しかし，特別の例外を除き，到花日数と草丈との間には互に有意性の高い正の相関が見出され（$r = 0.7$），それらは互に独立した形質とは見られない，従つて F_1 雑種利用の育種の上からは，両形質の間に然るべき妥協点を見出す必要が痛感された．そのための資料とするために求めた両形質間の回帰係数は次の如くであつた．すなわち，草丈 1 単位の増加によつて到花日数 0.319 の増加が予想され，また反対に到花日数 1 単位の増加に対しては草丈 1.679 の増加が見積もられることとなつた．

(4) 到花日数ならびに草丈を綜合的に考察してキンギョソウの heterosis 現象の解析に資するために，F_1 雑種の到花日数の mid-parent 値に対する比数（又は百分率）の逆数に，同じく草丈の mid-parent 値に対する比数（又は百分率）を乗じた数値をもつてする heterosis 指数（H）を新たに設定した．これによつて全組合わせについて検討を加えると，1.0 以下の H 値をしめす負の heterosis を現わす場合は稀で，殆んどが 1.0 以上の H をしめしてうち 1.1 以上は 82 例中の 62 例を，また 1.2 以上の高い H 指数を与えたものは 37 例を数えた．

(5) 到花日数，および草丈の両形質に関して両親系統とその F_1 雑種に現われる heterosis 現象の top-cross による解析を行なつた．すなわち，"Ball's Supreme Red"，および "Lucky Strike" の両品種について見るに，前者は早生性に関してその F_1 雑種に heterosis 現象を現わしやすく，後者は高草丈性において heterosis 現象をあらわしやすいことが判明した．

(6) 全葉数は F_1 雑種においてほぼ草丈と類似の行動をとる形質であるが，1 部の例外を除いて全般的に顕著な heterosis 現象は見られず，草丈の増加と葉数の増加は平行的でなく，後者の増加率は前者よりはるかに劣つた．

(7) F_1 雑種のしめす形質ならびにその形質における heterosis 現象につき相反交配の間に差異の存することは一般に稀な現象とせられているが，キンギョソウにおいてもその例外でなく，到花日数，草丈，および全葉数の諸形質について，各々につき極く僅かの例外を除いて，一般的に有意な差はこれを認めることができなかつた．

(8) 各種の F_1 雑種に現われる heterosis 現象をそれぞれの形質に関し一定の方向性をもたせるべく努力することは，F_1 雑種利用育種において重要な課題の一つである．著者は "Lucky Strike" より早生性および草丈の高低について分系したそれぞれ異つた 3 系統を供用してそれぞれの F_1 雑種の示すそれぞれの形質における heterosis 現象の発現の方向性について，それぞれの系統と関係づけて検討した結果，次の事実を明らかにし得た．すなわち，"Lucky Strike" は早生・中間草丈系統，中生・中間草丈系統，および晩生・高草丈系統の 3 表現型系統に分型したもので，これらをそれぞれ母系親として用いた．これに一定の父系を交配して得た F_1 雑種は，何れもそれぞれの形質について上記分系系統の何れかの母系に近いか，またはそれをしのぐ heterosis 現象をしめし，一定の形質目標に重点を置く組合わせ能力を活用するに際して重要な示唆を与えるものとした．

また上記 3 分系系統のうち，前 2 者は表現型において全く異なるが，遺伝子構成においてはほぼ同じ型に属すであろうことがその各々の F_1 雑種により明らかとなつたので，逆に F_1 雑種を用いてその親系統の遺伝子分析の可能なことをも明らかにした．

(9) 交配授粉の場合の種子稔性は自家授粉の場合に比してやや劣つた．しかしその際，自家授粉によつて高い稔性をしめす系統は，それを母系親として交配することによつて，系統内，系統間，および品種間それぞれに高い種子稔性を期待し得ることが明らかとなつた．著者の試みた範囲では F_1 雑種はすべてに極めて良好な種子稔性をしめし，正常全胎座数とほぼ一致する程度に多数の種子を生じ，良好な自家授粉の場合における 1 蒴当り種子数の数倍にも達した．この事実は，今後花壇用品種等においての F_2 利用に明るい見通しを与えるものと考える．

(10) F_1 雑種に現われる heterosis 現象は，親系統の自殖弱勢の程度如何によつてはある程度変動することが明らかとなつた．

参考文献

1) 秋山大介，1949．白菜の一代雑種における組合わせ品種の検索について．園芸学雑誌，18．
2) Bailey, E. H. and L. Z. Bailey, A concise

dictionary of gardening and general horiticulture. Hortus Second. New York, 1949.

3) Baur, E., 1908. Einige Ergebnisse der experimentellen Vererbungslehre. Beihefte zur. Med. Klinik, Berlin, X.

4) —— , 1910. Vererbungs-und Bastardierungsversuche mit *Antirrhinum*. Z. indukt. Abstammungslehre, Berlin, III.

5) —— , 1932. Artum grenzung und Artbildung in der Gattung *Antirrhinum*, Sektion *Antirrhinasturum*. Z. indukt. Abstamm. u. Vererblehre, 63.

6) Borthwick, H. A., and S. L. Emsweller, 1934. Carrot breeding experiments. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 30.

7) Brink, R. A., and D. C. Cooper, 1947. The endosperm in seed development. Bot. Rev., 13.

8) —— , 1952. Inbreeding and crossbreeding in seed development. Heterosis. Iowa State Col. Press.

9) Canahan, H. L., 1947. Combining ability in flax (*Linum usitalissimum*). M. S. Thesis. Univ. of Minnesota.

10) Cooper, D. C., and R. A. Brink, 1940. Partial self-incompatibility and the collapse of fertile ovules as factors affecting seed formation in alfalfa. Jour. Agric. Res., 60.

11) —— , —— , 1944. Collapse of the seed following the mating *Hordeum jubatum* × *Secale cereale*. Genetics, 29.

12) —— , —— , 1949. The endosperm-embryo relationship in an autonomous apomict, *Taraxacum officinale*. Bot. Gaz., 111.

13) Curtis, L. C., 1939. Heterosis in summer squash (*Cucurbita pepo*) and the possibilities of producing F_1 hybrid seed for commercial planting. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 37.

14) Darlington, C. D., and K. Mather, 1949. The element of genetics. London.

15) Dayton, T. O., 1956. The inheritance of flower colour pigments. I. The genus *Antirrhinum*. Jour. Genet., 54.

16) Dobzahansky, T., 1952. Nature and origin of heterosis. Heterosis. Iowa State Col. Press.

17) East, E. M., and Hays, H. K., 1912. Heterozygosis in evolution and in plant breeding. U. S. Dept. Agric. Burice. Plant Ind. Bull., 243.

18) Emsweller, S. L., 1953. Developments in plant breeding due to the use of colchicine. Rep. 13th Internat. Hort. Congress, 1952.

19) Frost, H. B., 1923. Heterosis and dominance of size factor in *Raphanus*. Genetics, 8.

20) Gordon, H., 1953. Heterosis and adaptability. Rep. 13th internat. Hort. Congress, 1952.

21) Hayman, B. I., 1954. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics, 39.

22) Hays, H. K., 1912. Correlation and inheritance in *Nicotiana tabacum*. Connecticut Agric. Exp. Sta. Bull., 171.

23) Hays, H. K., 1952. Development of the heterosis concept. Heterosis. Iowa State Col. Press.

24) Hull, F. H., 1945. Recurrent selection for specific combining ability in corn. Jour. Amer. Soc. Agron., 37.

25) 伊藤正次郎, 1954. 十字花科そ菜における一育種体系に就いて. タキイ長岡研究農場報告第一号.

26) —— , 1961. そ菜におけるヘテローシスの利用. 育種学雑誌, 11.

27) Jinks, J. L., 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. Genetics, 39.

28) Jones, D. F., 1918. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. Connecticut Agr. Expt. Sta. Bull., 207.

29) Jones, H. A., and S. L. Emsweller, 1937. A male sterile onion. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 34.

30) 柿崎辰次郎, 1949, 実用的に見たる体菜×白菜の一代雑種, 育種研究, 3.

31) 能沢三郎, 1935, 葱頭の内婚問題. 農及園, 10.

32) —— , 1935. 蘭麻の内婚問題に対する試験. 園芸学雑誌, 6.

33) Mather, K., 1949. Biometrical genetics. London.

34) Mather, K., 1951. Statistical analysis in biology. London.

35) 中村直彦, 1961. ヘテローシス理論の進歩. 育種学雑誌, 11.

36) Owen, F. V., 1945. Cytoplasmically inherited male-sterility in sugar beet. Jour. Agric. Res., 71.

37) Pearson, O. H., 1932. Breeding plants of the cabbage group. Calif. Agric. Exp. Sta. Bull., 532.

38) Post, K., 1952. Florist crop production and marketing. New York.

39) Powers, L., 1944. An expansion of Jones' theory for the explanation of heterosis. Amer. Nat., 78.

40) —— , 1945. Relative yields of inbred lines and F_1 hyprids of tomato. Bot. Gaz., 106.

41) —— , 1950. Gene analysis of weight per locule in tomato hybrids. Bot. Gaz., 112.

42) Pryor, R. L., 1951, Self pollination techniques and seed set on Autotetraploid *Antirrhinums*. Proc. amer. Soc. Hort. Sci., 57.

43) 篠原捨喜, 1942. 甘藍の一代雑種採種法. 園芸学雑誌, 13.

44) Shull, G. H., 1910. Hybridization method in corn breeding. Amer. Breeders' Mag., I.
45) ——, 1952. Beginning of the heterosis concept. Heterosis. Iowa StateC ol. Press.
46) Snedecor, G. W., 1956. Statistical methods. Iowa State Col. Press.
47) Stewart, D., Lavis, C. A. and Coons G. H., 1940. Hybrid vigor in sugar beets. Jour. Agric. Res., 60.
48) 塚本洋太郎, 1954. 最近の花卉園芸と主要花卉の品種〔1〕及び〔2〕. 農及園, 29.
49) 塚本洋太郎, 1957. 花卉園芸講座, 朝倉書店.
50) 禹 長 春, 1943. ペチュニヤの総重弁花種子の話. 園芸と育種, 2.
51) 上木俊平, 1954. 秋播金魚草の栽培. 農及園, 29.
52) 上木俊平, 1962. キンギョソウの雄性不稔個体について. 園芸学会九州支部発表要旨. (1961).
53) Whaley, W. G., 1952. Physiology of gene action in hybrids. Heterosis. Iowa State Col. Press.
54) Wheldale, M., 1914. Our present knowledge of the chemistry of the mendelian factors for flower colour. Jour. Genet., 4.
55) Williams, W., and Gilbert, N., 1960. Heterosis and the inheritance of yield in the tomato. Heredity, 14.

Summary

Snapdragon, *Antirrhinum majus*, is considered to be one of the most important ornamentals, including annuals and biennials, and also may be taken as one in which F_1 hybrids could be used quite intensively. Notwithstanding above situations, studies on this line have been rather scarce. The author has been engaged, from 1951 through 1962, to the artificial raising of F_1 hybrids, using the diploid, 2n=18, and as well as the tetraploid, 2n=36, forms already known in market, and also carried out studies of the characteristics of those F_1 hybrids newly raised, and, further, of the breeding features of those F_1 forms in order to make their much intensive uses to be practicable. Results obtained with the diploid forms, are briefly represented in the following.

1. Heterosis phenomena, in F_1 hybrids, were considered as the overall direction of the deviation of the F_1 means from their corresponding mid-parents.

2. On the flowering time of F_1 hybrids, heterosis phenomena were generally observed, though there encountered various degrees in their extents. Looking over whole the F_1 combinations used, the mean number of days until blooming of the F_1 hybrids became to be 93.2% of that of mid-parent. And, since 1957, when the diallel crosses had been entertained, the percentage value became to be 92.5%. Heterosis phenomena on the plant height were more or less conspicuous with all the F_1 hybrids raised, and the percentage mean value of all F_1's plant height towards the corresponding mid-parent was 111.5%. Excepting some rare cases, a certain definite positive correlation coefficient, r=0.7, was usually obtained between the plant height and the number of days until blooming, revealing clearly that both the characters behaved not independently. From this result proper considerations should be preferable towards the practical breeding procedure of F_1 varieties. By the calculation of the regression coefficients, it was clear that the increase of one unit in the plant height becomes to the increase of 0.3198 days to blooming, and, on the contrary, the increase of one day to blooming is correlated to 1.6798 unit increase of the plant height.

3. The auther adopted the index value in evaluating the effectiveness and extent of heterosis phenomena for the convenience of simultaneous consideration of the two characters concerned. i. e., the days to blooming and the plant height.

$H = \frac{m_1 \times f_2}{f_1 \times m_2}$ H: index of heterosis, m_1: mid-parent value of the number of days until blooming, f_1: F_1 hybrids value of the number of days until blooming, m_2: mid-parent value of the plant height, and f_2: F_1 hybrids value of the plant height.

It was clarified, through the comparisons of the index numbers with all the crosses raised, that the F_1 hybrids took the value under 1.0 were rather scarce, and the hybrids showing above 1.1 index attained to 76% of the crosses examined. Moreover, the index uumbers of 45% of all the hybrids attained to above 1.2.

5. Top-crosses were tested to make clear the efficiency of the cross-combinations, revealing that the "Ball's Supreme Red" was much more suitable than the "Lucky Strike" in inducing heterosis in the earlier flowering, though the later variety was, in turn, more suitable than the

former in the plant height. Thus it becomes to be interesting for the practical purpose that the "Lucky Strike" can develop much more steady stem than the "Ball's Supreme Red".

6. Larger number of foliage leaves could be produced on the stems corresponding to the increase of the plant height, excepting only few examples not accompanying any noticeable heterotic expressions.

7. The growing thickness of stems and the number of florets were usually no less influenced under various environmental conditions, so that with these characters there could not ascertained any definite heterotic tendencies.

8. The characters such as the flowering time, the plant height, and the number of leaves developed, did not show any significant differences between the reciprocal crosses. Also there could not observed any different heterotic tendencies between the reciprocal crosses, with some rare exceptions. These situations have been ascertained exclusively with both the 2x and the 4x forms used. Coefficients of variance with those characters varied only slightly between the reciprocals and also behaved quite similarly under various environmental conditions.

9. It may be one of the most urgent requisites for the future breeding techniques of raising F_1 hybrid varieties that we could endow each of their desirable characteristic the definite progressional direction of the development of heterosis. For this purpose, the pedigree selections of "Lucky Strike" were entertained by the author, succeeding at last in raising 3 genotypically distinct strains, i. e., the early bloomer with medium height, the medium blooomer with medium height and the late bloomer with tall height, respectively. And F_1 various hybrids were raised, through the crosses using each of those three different strains as the mother parent, revealing certain facts about heterotic phenomena, i. e., these F_1 hybrids, raised through the crosses with a certain male parent strains, took quite resembling appearance or, in some cases, more heterotic one to any one of their mother strains with the individual characteristics concerned. And this fact will suffice to give a valuable suggestion for utilizing an effective cross-combination towards the future well-planned breeding programs. And moreover, it was made clear through there F_1 crosses that the former two strains, which were quite different in their appearances from each other, behaved, in turn, genotypically quite similarly. Thus the gene analysis of the unknown forms will be duly accomplished, to some extent, through the artificial raising of F_1 hybrids between those forms.

10. The grade of seed-fertility through cross-pollination was somewhat lower than that through self-pollinations. Mother strains showing higher fertility by the selfing could produce higher yield of seeds. F_1 hybrids could obtain, in general, a good yield of seeds, reading even to 2-3 times of the amount of seeds set per capsule by the selfing. Such circumstances will give a clear insight towards the utilization of the double-crosses as a fruitful breeding technique, and the further progress of introducing superior F_2 form will become to be quite practicable in our grading. Throughout the F_2 generations of the 2x hybrids the higher seed-fertility could be still maintained to some extent.

Appendix table I.

Index values in evaluating of heterosis phenomena with various F_1 hybrids.

Experiment year	Strain number	Index value
1951-52	2002	1.21
	2003	1.33
	2004	1.19
	2005	1.19
	2006	1.23
	2007	1.23
	2008	1.21
	2009	1.49
	2010	1.27
	2011	1.31
	2012	1.38
	Average	1.28
1954-55	1011	1.35
	1012	1.22
	1013	1.09
	1016	1.04
	1017	1.05
	Average	1.15
1956-57	1001	1.19
	1002	0.99
	1003	1.53
	1004	1.52
	1005	1.12
	1006	1.15
	Average	1.25
1957-58	1001	1.30
	1002	1.09
	1004	1.32
	1007	1.23
	1010	1.30
	1011	1.32
	1012	1.25
	1013	1.18
	1014	1.12
	1015	1.16
	1016	1.13
	1017	0.98
	Average	1.20
1958-59	1001a	1.11
	1001b	1.25
	1002a	1.14
	1002b	1.18
	1003a	1.29
	1003b	1.31
	1004a	1.27
	1004b	1.29
	1005a	1.24
	1005b	1.17
	1006a	1.19
	1006b	1.21
	1007	0.90
	1008	1.16
	1009	1.26
	1010	1.26
	1012	1.01
	1013	1.25
	1017	1.16
	Average	1.19
1959-60	1001	1.15
	1002	1.12
	1003	1.01
	1004	1.07
	1006	1.08
	1007	1.15
	1008	1.06
	1009	1.13
	1010	1.31
	1011	1.08
	1012	1.13
	1013	1.03
	Average	1.11
1961-62	1001	1.09
	1002	1.04
	1004	1.22
	1005	1.25
	1007	0.97
	1008	0.96
	1010	1.13
	1011	1.14
	1012	1.36
	1013	1.43
	1014	1.42
	1015	1.43
	1016	1.24
	1017	1.15
	Average	1.20

Appendix table II.

Average values of various characteristics shown by the parental strains and

Generation	Strain number	No. of days until blooming		Percentage value of		Plant height	
		Mean value	C.V.*	F_1 to M.P. †	F_1 to E.P. †	Mean value	V.C.
		days	%			cm	%
P	103 (A)	130	6.2	—	—	74.3	16.9
	111 (B)	139	9.6	—	—	78.7	20.9
	121 (C)	144	11.5	—	—	106.5	11.5
	131 (D)	165	4.8	—	—	86.1	12.2
	141 (E)	158	—	—	—	89.1	—
	144 (F)	141	13.1	—	—	60.4	19.5
	Average	146	9.4	—	—	82.5	16.2
F_1	2002 (A×D)	136	5.2	92.2	104.6	89.5	15.0
	2003 (B×F)	134	7.6	95.7	96.4	88.4	13.2
	2004 (C×A)	141	8.0	102.9	108.5	111.2	11.3
	2005 (C×D)	154	8.8	99.7	106.9	114.0	12.5
	2006 (C×F)	132	11.6	92.6	93.6	95.4	19.1
	2007 (C×F)	130	19.1	91.2	92.2	94.0	16.7
	2008 (C×E)	134	6.8	88.7	93.1	105.3	12.2
	2009 (D×F)	138	11.9	90.2	97.9	98.4	19.6
	2010 (D×A)	132	5.2	89.5	101.5	91.3	12.8
	2011 (D×A)	134	6.0	90.8	103.1	95.0	17.4
	2012 (F×C)	133	10.9	93.3	94.3	108.1	16.2
	Aveage	132	9.2	93.3	99.3	99.1	15.1

N.B. * Coefficient of variance.
† M.P.. The mid-parents value.
E.P.. The values of earlier parent.
T.P.. the values of taller parent.
L.P.. The values of larger parent.

Appendix table III.

Generation	Strain numbers	No. of days until blooming		Percentage value of		Plat height	
		Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to E.P.	Mean value	C.V.
		days	%	%		cm	
P	111 (A)	204	—	—	—	110.0	—
	121 (A)	161	6.0	—	—	93.3	8.1
	141 (G)	141	7.5	—	—	77.9	12.8
	151 (H)	138	7.6	—	—	95.2	9.4
	161 (I)	140	4.1	—	—	83.8	8.9
	171 (J)	156	9.5	—	—	92.5	14.0
	Average	157	6.9	—	—	92.1	10.6
F_1	1011 (J×I)	138	9.0	93.2	98.6	111.3	11.1
	1012 (A×G)	150	4.2	98.7	106.4	103.3	5,2
	1013 (A×A)	181	5.8	99.2	112.4	110.0	6.4
	1016 (A×H)	128	9.6	85.6	92.8	84.5	18.2
	1017 (H×G)	105	8.7	71.9	76.6	65.2	10.3
	Average	140	7.5	89.7	97.4	94.9	10.2

their F_1 hybrids in snapdragon, *Antirrhinum majus L.* (1951-1952)

Percentage value of		Number of leaves		Percentage value of	
F_1 to M.P.	F_1 to T.P.**	Mean values	V.C.	F_1 to M.P.	F_1 to L.P.
			%		
—	—	69.6	17.9	—	—
—	—	63.5	22.6	—	—
—	—	61.2	18.5	—	—
—	—	97.0	22.6	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	49.2	15.3	—	—
—	—	68.1	19.4	—	—
111.6	104.1	76.4	8.1	91.7	78.8
127.0	112.3	64.0	17.5	113.5	100.8
123.0	104.4	83.3	15.1	127.4	119.7
118.4	107.0	89.2	13.1	112.8	92.0
114.3	86.6	60.0	21.1	108.7	98.0
112.6	88.3	58.6	16.4	106.2	95.8
107.7	98.9	—	—	—	—
134.3	114.3	74.5	25.3	101.9	76.8
113.8	106.2	83.0	10.5	99.6	85.6
118.5	110.5	83.0	12.9	99.6	85.6
129.5	101.5	61.3	18.6	111.1	100.2
119.2	103.1	73.3	15.5	107.3	93.3

(1954-55)

Percentage value of		Number of leaves		Percentage value of	
F_1 to M.P.	F_1 to T.P.	Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to L.P.
—	—	98.0	—	—	—
—	—	77.8	7.6	—	—
—	—	55.7	7.7	—	—
—	—	57.9	8.1	—	—
—	—	48.5	11.2	—	—
—	—	66.8	10.5	—	—
—	—	67.5	9.0	—	—
126.2	120.3	62.4	8.2	108.1	93.4
120.7	110.7	77.3	8.2	115.7	99.4
108.2	100.0	100.2	10.9	114.0	102.2
89.6	88.8	63.9	19.4	94.1	82.1
75.3	68.5	43.9	21.2	77.3	75.8
104.0	97.7	69.5	13.6	101.8	

Appendix table IV.

Generation	Strain number	No. of days until blooming		Percentage value of		Plant height	
		Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to E.P.	Mean value	C.V.
		days	%	%		cm	
P	152 (H)	150	14.5	—	—	79.8	22.1
	161 (I)	119	6.3	—	—	70.7	6.0
	175 (J)	166	3.3	—	—	115.9	15.9
	191 (L)	110	9.8	—	—	74.1	15.9
	201 (M)	175	1.8	—	—	110.0	5.6
	Average	144	7.1	—	—	90.1	13.1
F_1	1001 (H×L)	133	21.5	102.3	120.9	93.6	25.4
	1002 (L×H)	134	17.7	103.1	121.8	78.2	22.4
	1003 (H×M)	160	3.0	98.5	106.7	143.5	8.8
	1004 (M×H)	158	3.0	97.2	105.3	140.9	8.1
	1005 (J×I)	126	16.9	88.4	105.9	92.9	30.5
	1006 (H×J)	138	17.8	87.3	92.0	98.3	23.8
	Average	142	13.3	96.1	108.8	107.9	19.8

Appendix tabe V.

Generation	Strain number	No. of bays until blooming		Percentage value of		Plant height	
		Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to E.P.	Mean value	C.V.
		days	%	%		cm	
P	152 (H)	120	8.6	—	—	87.5	10.8
	153 (H)	107	3.3	—	—	78.1	5.9
	161 (I)	120	11.8	—	—	86.7	19.3
	171 (J)	133	8.9	—	—	96.7	15.5
	174 (J)	152	3.3	—	—	117.5	10.1
	175 (J)	158	5.1	—	—	124.6	11.3
	181 (K)	96	5.5	—	—	63.1	—
	201 (M)	163	3.5	—	—	117.5	7.5
	Average	131	6.3	—	—	96.5	11.5
F_1	1001 (J×H)	138	5.8	101.5	115.0	135.0	4.1
	1002 (H×J)	133	3.2	110.8	124.3	106.0	11.3
	1004 (M×H)	146	4.1	103.2	121.7	139.7	7.2
	1007 (H×K)	100	3.8	92.6	104.2	85.8	7.5
	1010 (J×M)	134	2.0	83.4	84.8	131.7	4.3
	1011 (K×J)	121	13.5	95.3	126.0	117.8	—
	1012 (J×K)	107	7.2	86.3	111.5	97.5	12.8
	1013 (J×K)	106	6.4	92.6	110.4	87.5	8.6
	1014 (J×J)	139	7.9	100.0	115.8	118.0	7.0
	1015 (J×I)	105	3.6	77.2	80.0	91.7	5.6
	1016 (J×I)	108	6.6	85.4	90.0	88.3	6.7
	1017 (J×I)	149	3.9	96.1	98.0	114.2	7.5
	Average	121	5.5	93.7	106.8	105.5	8.1

(1956-57)

Percentage value of		Number of leaves		Pcreentage value of	
F_1 to M.P.	F_1 to T.P.	Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to L.P.
—	—	50.4	27.4	—	—
—	—	37.2	4.8	—	—
—	—	73.0	14.1	—	—
—	—	39.2	20.2	—	—
—	—	75.4	8.3	—	—
—	—	55.0	15.0	—	—
121.7	117.3	61.5	30.0	137.3	122.0
101.7	98.0	55.7	25.3	124.3	110.5
151.2	130.5	83.1	8.1	132.1	110.2
148.5	128.1	82.6	9.5	131.3	109.5
99.6	80.2	47.9	25.1	86.9	65.6
100.4	84.8	58.9	29.9	95.5	80.7
120.5	106.5	65.0	19.7	117.9	99.8

(1957-58)

Percentaae value of		Number of leaves		Percentage value of	
F_1 to T.P.	F_1 ro T.P.	Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to L.P.
—	—	49.0	21.0	—	—
—	—	42.1	5.5	—	—
—	—	40.3	16.5	—	—
—	—	60.0	21.0	—	—
—	—	61.5	19.4	—	—
—	—	66.2	9.9	—	—
—	—	28.8	11.4	—	—
—	—	66.9	6.1	—	—
—	—	51.9	13.9	—	—
131.7	114.9	75.7	12.0	136.9	
121.3	109.6	67.9	17.9	133.1	
136.3	118.9	89.9	9.2	155.0	
113.9	98.1	42.1	9.1	108.2	
108.8	105.7	77.1	8.4	115.8	
125.5	94.5	60.0	—	126.3	
108.0	83.0	45.0	14.6	100.2	
109.5	90.5	43.6	16.3	98.2	
111.6	94.7	65.6	14.3	123.1	
89.8	78.4	41.7	4.5	81.9	
96.3	91.3	42.8	—	85.3	
94.3	91.7	68.0	9.2	106.4	
112.3	97.6	54.9	13.8	114.2	

Appendix table VI.

Generation	Strain number	No. of days until blooming		Percentage value of		Plant height	
		Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to E.P.	Mean value	C.V.
		days	%	%		cm	
P	151 (H)	162	4.9	—	—	85.3	8.9
	152 (H)	164	4.2	—	—	83.2	9.0
	153 (H)	164	2.1	—	—	82.2	9.2
	161 (I)	145	4.7	—	—	65.3	7.4
	171 (J)	151	3.2	—	—	65.0	5.0
	181 (K)	151	3.2	—	—	64.6	13.0
	201 (M)	171	4.5	—	—	103.5	5.5
	Average	158	3.8	—	—	78.4	8.3
F_1	1001 (J×H)a	145	3.8	92.1	96.0	75.0	5.2
	1001 (J×H)b	143	3.2	90.8	94.7	83.8	5.8
	1002 (H×J)a	146	3.1	92.7	96.7	77.7	9.3
	1002 (H×J)b	146	2.7	93.6	96.7	83.3	5.3
	1003 (K×H)a	146	6.0	92.7	96.7	88.1	9.6
	1003 (K×H)b	146	5.9	92.7	96.7	89.5	9.7
	1004 (H×K)a	144	4.2	91.4	95.4	86.0	6.6
	1004 (H×K)b	149	3.9	95.2	98.7	92.0	6.4
	1005 (I×H)a	144	3.5	93.2	99.3	85.0	8.3
	1005 (I×H)b	146	2.6	94.5	100.7	82.4	7.3
	1006 (H×I)a	143	6.4	92.6	98.6	82.0	8.2
	1006 (H×I)b	142	1.8	92.6	97.9	84.5	3.4
	1007 (M×K)	139	5.9	86.3	92.1	65.5	15.1
	1008 (K×M)	140	3.0	87.0	92.7	84.6	4.7
	1009 (K×J)	136	3.1	90.1	90.1	73.5	7.9
	1010 (J×K)	133	2.5	88.1	88.1	71.8	5.6
	1011 (H×M)	146	5.6	86.9	89.0	90.4	4.1
	1012 (M×H)	147	4.2	87.5	89.6	82.9	13.0
	1013 (K×I)	142	2.5	95.9	97.9	78.0	6.2
	1017 (J×M)	145	4.1	90.1	96.0	87.9	7.5
	Average	143	3.9	91.3	85.2	82.2	7.5

Appendix table VII.

Generation	Strain number	No. of days until blooming		Percentage value of		Plant height	
		Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to E.P.	Mean value	C.V.
		days	%			cm	
P	151 (H)	159	8.2	—	—	94.4	15.1
	153 (H)	158	5.7	—	—	90.5	11.7
	161 (I)	121	2.6	—	—	68.5	4.7
	171 (J)	138	3.8	—	—	61.5	5.5
	181 (K)	129	6.3	—	—	71.0	10.4
	201 (M)	161	—	—	—	110.5	—
	231 (O)	143	2.4	—	—	93.5	6.1
	241 (P)	144	3.6	—	—	83.5	11.2
	Average	144	4.7	—	—	84.2	9.2
F_1	1001 (H×K)	160	5.0	111.1	124.0	106.0	4.3
	1002 (H×J)	134	5.5	90.2	97.1	78.6	9.5
	1003 (H×O)	155	4.1	102.6	108.4	97.9	8.8
	1004 (H×M)	146	4.7	91.5	92.4	98.0	10.8
	1006 (H×P)	145	3.4	96.0	100.7	90.5	11.1
	1007 (I×J)	128	4.2	98.8	105.8	73.8	4.9
	1008 (I×H)	128	4.0	91.8	105.8	77.0	8.8
	1009 (J×H)	140	3.6	94.6	101.4	81.3	9.2
	1010 (J×K)	136	3.4	101.9	105.4	88.3	5.3
	1011 (J×O)	144	3.0	102.5	104.3	86.0	9.0
	1012 (J×I)	136	2.7	105.0	112.4	77.3	6.6
	1013 (J×P)	147	2.6	104.3	106.5	81.5	6.5
	Average	142	3.9	99.2	105.3	86.4	7.9

(1958-59)

Percentage value of		Number of leaves		Percentage value of	
F_1 to M.P.	F_1 to T.P.	Mean value	C.V.	F_1 to M. P.	F_1 to L. P.
—	—	69.7	11.3	—	—
—	—	63.0	15.3	—	—
—	—	60.8	14.8	—	—
—	—	42.4	10.9	—	—
—	—	46.1	8.2	—	—
—	—	36.0	22.9	—	—
—	—	60.7	6.4	—	—
—	—	54.1	12.8	—	—
101.9	91.2	47.6	11.2	89.0	78.3
113.1	100.7	49.0	9.8	89.7	77.7
105.6	94.5	53.5	6.8	100.0	88.0
110.8	97.7	50.5	9.4	87.2	72.5
120.0	107.2	45.0	13.2	93.0	74.0
121.1	107.6	54.0	17.8	109.1	85.7
116.4	103.4	45.0	11.5	90.9	71.4
122.7	107.9	49.1	15.2	92.8	70.4
115.2	103.4	47.7	10.4	92.4	78.5
110.9	99.0	48.6	9.3	92.2	77.1
110.4	98.6	44.2	4.2	83.9	70.2
112.2	99.1	48.0	8.4	91.1	—
78.0	63.3	30.8	12.8	63.6	50.7
100.6	81.7	42.8	9.9	88.4	—
113.4	113.1	39.1	17.8	95.1	—
111.3	110.5	38.8	7.6	94.0	—
96.8	87.3	54.6	15.2	88.2	86.7
88.8	80.1	53.8	14.3	86.9	85.4
120.0	119.4	36.5	7.3	93.1	86.1
104.3	84.9	54.0	9.5	101.1	101.1
108.7	97.5	46.6	11.1	91.1	—

(1959-60)

Percentage value of		Number of leaves		Percentage value of	
F_1 to M.P.	F_1 to T.P.	Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to L.P.
—	—	74.9	14.3	—	—
—	—	74.2	11.2	—	—
—	—	45.0	4.9	—	—
—	—	40.3	9.7	—	—
—	—	42.7	17.7	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	47.3	6.5	—	—
—	—	56.2	14.8	—	—
—	—	54.4	11.3	—	—
128.2	112.3	76.4	16.3	129.7	—
100.8	83.3	53.7	8.2	93.2	71.7
104.1	103.7	67.0	14.9	109.7	—
97.5	88.7	63.2	9.4	—	—
104.0	100.0	60.1	9.5	92.1	—
113.5	107.7	47.9	5.6	112.2	106.4
96.9	85.1	50.7	10.1	85.1	68.3
107.0	89.8	54.0	11.5	94.2	—
133.2	124.4	52.0	5.4	125.2	121.8
111.0	92.0	52.1	6.3	118.9	107.9
118.9	112.9	47.2	6.8	110.5	104.9
112.4	97.6	50.8	8.3	104.3	89.1
110.6	99.8	56.3	9.4	106.8	—

Appendix table . VIII.

Generation	Strain number	No of days until blooming		Percentage value of		Plant height	
		Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to E.P.	Mean value	C.V.
		days	%	%		cm	
P	151 (H)	178	4.6	—	—	132.1	9.5
	161 (I)	150	3.8	—	—	101.0	5.1
	171 (J)	159	2.4	—	—	89.2	4.2
	181 (K)	174	10.1	—	—	82.1	10.4
	221 (N)	182	0.9	—	—	98.1	6.4
	Average	169	4.3	—	—	100.6	7.1
F_1	1001 (H×I)	152	5.0	92.7	101.3	117.3	9.1
	1002 (I×H)	144	2.8	87.8	96.0	106.5	5.8
	1004 (H×K)	165	2.4	93.8	94.8	122.1	15.4
	1005 (K×H)	169	6.1	96.0	97.1	127.0	1.1
	1007 (H×N)	157	6.1	87.2	88.2	97.5	10.2
	1008 (N×H)	166	4.2	92.2	93.3	101.7	13.1
	1010 (H×J)	166	5.6	98.5	104.4	123.5	9.9
	1011 (J×H)	159	4.5	94.4	100.0	119.3	10.8
	1012 (I×N)	166	5.5	100.0	110.7	135.3	8.5
	1013 (J×K)	147	5.4	88.3	92.5	107.9	8.1
	1014 (K×N)	167	8.5	94.9	97.1	121.9	16.7
	1015 (N×K)	149	15.9	83.7	85.6	108.3	19.2
	1016 (K×I)	153	4.5	94.4	102.0	107.5	5.1
	1017 (N×J)	157	6.5	92.1	98.7	99.6	15.6
	Average	159	5.9	92.6	97.3	113.9	10.6

(1961-62)

Percentage value of		Number of leaves		Percentage value of	
F_1 to M.P.	F_1 to T.P.	Mean value	C.V.	F_1 to M.P.	F_1 to L.P.
—	—	76.0	7.6	—	—
—	—	51.0	13.2	—	—
—	—	44.0	8.4	—	—
—	—	48.0	14.8	—	—
—	—	58.0	7.5	—	—
—	—	55.4	10.3	—	—
100.6	88.8	56.0	8.5	88.2	73.7
91.3	80.6	50.0	14.2	78.7	65.7
114.0	92.4	68.0	28.2	110.6	61.5
118.6	96.1	72.0	12.7	117.1	96.0
84.5	73.8	61.0	10.9	91.7	81.3
88.1	77.0	66.0	7.8	99.2	88.0
111.6	93.5	60.0	10.8	100.8	80.0
107.8	90.3	64.0	13.2	107.6	85.3
135.6	134.0	52.0	6.6	95.4	89.6
125.9	121.0	50.6	9.3	110.9	106.1
134.8	123.6	56.5	12.1	107.2	97.9
119.8	109.8	48.6	12.9	92.2	—
117.4	106.4	43.4	7.7	88.4	85.8
106.1	101.0	49.9	11.7	98.6	86.4
111.2	99.2	57.0	11.9	99.0	—