

# トウガラシ属栽培種の種間交雑に関する研究 II

## 種間雑種 $F_1$ の諸形質\*

広瀬 忠彦・西 新也・高嶋 四郎

TADAHIKO HIROSE, SHINYA NISHI, and SHIRO TAKASHIMA : Studies on the inter-species crossing in cultivated *Capsicum*. II. Characters of  $F_1$  hybrids.

**摘 要** 我國の乾果トウガラシの育種に資する目的でトウガラシ属の栽培種 *Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. pendulum* および *C. sinense* の相互間種間交雑によつて得られた雑種  $F_1$  について調査を行なつた。

$F_1$  では Heterosis が種々の程度に現われた。*C. annuum* の関与する組合せの  $F_1$  は生育が良くなかつたが、他の  $F_1$  は一般に生育旺盛で草丈や枝張り面積が両親の数倍に達するものもみられた。花冠の有色・有斑は白色・無斑に対し優性を示した。果色は両親の中間を示すものが多く、果実の脱離性は不脱離性に対し優性を示した。果実の含水量は高い側の親に近く、乾燥速度も遅い側の親に近かつた。

花粉稔性はかなり低く、0~50% の範囲にあつた。*C. sinense* と *C. frutescens* の  $F_1$  はもつとも稔性が高く、*C. pendulum* と *C. sinense* の  $F_1$  がこれに次ぎ、*C. frutescens* と *C. pendulum* の  $F_1$  は交雑方向によつて稔度に明らかな差がみられた。*C. annuum* についてみると、*C. pendulum* との  $F_1$  は全く不稔で、*C. frutescens* との  $F_1$  のみ可稔であつた。 $F_1$  花粉の不稔はそれぞれの種のゲノム構成の部分的な非相同に基づくものと考えられる。

交雑可能度および  $F_1$  稔性の結果から我國の栽培トウガラシである *C. annuum* にもつとも近い種は *C. frutescens* と考えられ、この種のもつ優良形質を導入して行くことが今後の方向といえよう。

## I 緒 論

本研究の目的は第1報<sup>3)</sup> においてのべたごとく、近縁の栽培種のもつ優良な諸形質を我國の栽培品種に導入して辛味用トウガラシの新型を育成するにある。近縁種のもつ優良形質のうちくに導入したいものは、強健性、耐暑性、Capsicin 含量の高いことならびに完熟果の脱離性等であるが、とりわけ脱離性は生産労力の節減に大いに役立つ有用な特性と考えられる。そこで前報ではまず5栽培種間の交雑可能度を明らかにし、本報では  $F_1$  の諸形質ならびに稔性を調べて、後代の有用性と育成の可否難易を論じ、実際育種を行なうための基礎を明らかにしようとした。*Capsicum* 属の種間交雑を行なつた成績は MILLER and FINEMAN<sup>5)</sup>, ODLAND and PORTER<sup>6)</sup> および SMITH and HEISER<sup>8)</sup> の研究もあるが、後代の調査を行なつた報告は極めて少なく、僅かに太田<sup>7)</sup> が *C. frutescens* × *C. annuum* の  $F_1$  の観察を報じているのみである。

## II 材料および方法

京都府立大学農学部蔬菜園芸学研究室

\* 本研究の要旨は昭和36年園芸学会秋期大会にて発表

前報<sup>3)</sup> の交雑試験の結果得られた10組合せの  $F_1$  について、1958年より1960年にわたつて調査を行なつた。これら  $F_1$  の両親の組合せは第1表のごとくである。

毎年3月中旬温床内の川砂中に播種し、2回移植後5月中旬圃場に定植した。生育の困難なものまたは生育の遅い組合せでは鉢育苗によつた。圃場での管理は京都府の栽培規準に従つた。

本葉・花・果実の形態調査は、正常と認められるもの各30個について行ないその平均で表わした。本葉・草姿・花に関する調査は生育最盛期に行ない、果実に関する調査には完熟果を用いた。花粉稔性の調査は9月上旬に行なつた。1種につき10花、各花1000個以上の花粉を鏡検し、稔か不稔かの判定はコットンブルー染色法によつた。花粉不稔の原因をしらべるため、一部の  $F_1$  について PMC 減数分裂時の染色体の行動をおしつぶし法によつて鏡検した。果実の辛味の測定は倍数稀釈法により、また果実乾燥試験は日乾法によつた。これらの詳細はすでに筆者等<sup>2)</sup> の報告に示しておりである。

Table 1 Number of  $F_1$  hybrids and the cross combinations.

| No. of $F_1$ | Combination of species                    | Combination of variety |
|--------------|---|------------------------|
| 801          | <i>C. frutescens</i> × <i>C. annum</i>    | Tabasco × Takanotsume  |
| 810          | <i>C. annum</i> × <i>C. pendulum</i>      | Takanotsume × Cristal  |
| 808          | <i>C. pendulum</i> × <i>C. frutescens</i> | AC 1616 × Tabasco      |
| 811          | "   | Cristal × Tabasco      |
| 807          | <i>C. frutescens</i> × <i>C. pendulum</i> | Tabasco × AC 1616      |
| 812          | "   | Tabasco × Cristal      |
| 817          | <i>C. sinense</i> × <i>C. frutescens</i>  | AC 1853 × Tabasco      |
| 818          | <i>C. frutescens</i> × <i>C. sinense</i>  | Tabasco × AC 1853      |
| 819          | <i>C. sinense</i> × <i>C. pendulum</i>    | AC 1853 × Cristal      |
| 820          | <i>C. pendulum</i> × <i>C. sinense</i>    | Cristal × AC 1853      |

## III 結果および考察

## A. 一般形質

## (1) 葉の形質

各  $F_1$  の本葉に関する形質は第2表に示すごとくである。葉の大きさについて真の Heterosis のあらわれた例はなく、808・811・817・819・820 の各組合せ  $F_1$  では大型の方の親にほぼ一致し、810・818 の各組合せでは中間の値となり、801・807・812 ではいずれの親よりも小さかった。

## (2) 草 姿

各  $F_1$  の草姿に関する形質は第2表に示すごとくである。各  $F_1$  の生育は 801・807・812・819 を除いて一般に旺盛なものが多く、とくに 808・811・820 では極めて生長が盛んで Heterosis が大きく現われ、生育末期には1個体の枝張面積が 3 m<sup>2</sup> を占める程になった。この生長力の差は生育初期より明瞭にあらわれていた。草姿は大体両親の中間になるが草勢の強い

$F_1$  は幾分開き勝ちであつた。

## (3) 花の形質

各  $F_1$  の花に関する形質は第3表に示すごとくである。一番花の開花は、801のごとく両親のいずれよりおそいものもあるが、一般に早くなり 808・811・817・818・820 は両親のいずれよりも早くなった。しかし開花の遅速は生育の遅速に由来するもので、初期生育の悪い801・810・819等では開花がおくれ、生長が早く Heterosis の強く現われる  $F_1$  ほど開花も早くなる。1節の着花数は、*C. sinense* を親とする組合せでは1~2で、他はすべて1であつた。花卉の色をみると、*C. frutescens* および *C. sinense* の淡緑色は不完全優性に、*C. pendulum* の黄斑は完全優性にあらわれた。葯の色では *C. pendulum* の黄色が他の種に対し劣性に現われ、すべての  $F_1$  が青紫色を呈した。

## (4) 果実の形質

## (イ) 一般形質

各  $F_1$  の果実に関する一般的な形質を示すと第4表

Table 2 Characters of leaf and growth habit in  $F_1$  hybrids.

| No. of $F_1$ | Leaf               |                   |                  | Growth habit    |                 |
|--------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|              | Average length cm. | Average width cm. | Plant height cm. | Branching       | Growth strength |
| 801          | 4.1                | 2.3               | 65.1             | intermediate    | intermediate    |
| 810          | 8.0                | 3.3               | 91.5             | "               | "               |
| 808          | 9.1                | 4.8               | 90.0             | spreading       | ext. vigorous   |
| 811          | 9.3                | 4.4               | 144.0            | comp. spreading | "               |
| 807          | 6.7                | 2.4               | 64.0             | spreading       | intermediate    |
| 812          | 8.9                | 4.5               | 70.5             | intermediate    | "               |
| 817          | 10.0               | 4.9               | 98.0             | "               | vigorous        |
| 818          | 8.7                | 4.0               | 86.1             | comp. spreading | "               |
| 819          | 9.9                | 4.4               | 64.7             | "               | intermediate    |
| 820          | 10.0               | 4.6               | 117.3            | "               | ext. vigorous   |

ext : extremely ; comp : comparatively

Table 3 Characters of flower of  $F_1$  hybrids.

| No. of $F_1$ | Date of first flowering | No. of petals or stamens | Flowering habit | Colour of petals                 | Colour of anthers |
|--------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------|
| 801          | Aug. 13                 | 5~6                      | single          | light green                      | purplish blue     |
| 810          | July 25                 | "                        | "               | {white with yellow marking       | "                 |
| 808          | June 23                 | "                        | "               | {light green with yellow marking | "                 |
| 811          | June 11                 | "                        | "               | {yellow marking                  | "                 |
| 807          | July 12                 | "                        | "               | "                                | "                 |
| 812          | July 5                  | "                        | "               | "                                | "                 |
| 817          | June 17                 | "                        | 1 or 2          | light green                      | "                 |
| 818          | June 29                 | "                        | "               | "                                | "                 |
| 819          | July 20                 | "                        | "               | {white with yellow marking       | "                 |
| 820          | June 18                 | "                        | "               | {yellow marking                  | "                 |

 Table 4 Characters of fruit of  $F_1$  hybrids.

| $F_1$ | Longi. dia. cm. | Trans. dia. cm. | Average weight gm. | Length of peduncle cm. | Fruit-position | Fruiting          | Immature fruit colour |
|-------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| 801   | 4.4             | 0.8             | —                  | —                      | errect         | non-prolific      | light green           |
| 810   | 3.1             | 0.8             | —                  | 2.9                    | "              | ext. non-prolific | "                     |
| 808   | 3.5             | 0.9             | 0.36               | 3.4                    | "              | intermediate      | yellowish green       |
| 811   | 3.5             | 0.9             | 1.17               | 3.0                    | "              | prolific          | "                     |
| 807   | 3.0             | 0.9             | 0.36               | 3.1                    | "              | non-prolific      | "                     |
| 812   | 2.2             | 1.7             | 0.55               | 3.5                    | "              | "                 | "                     |
| 817   | 3.2             | 1.4             | 1.53               | 2.6                    | pendent        | intermediate      | light green           |
| 818   | 3.1             | 1.2             | 1.44               | 2.7                    | "              | "                 | "                     |
| 819   | 3.0             | 1.7             | 2.58               | 3.1                    | "              | non-prolific      | "                     |
| 820   | 3.9             | 1.9             | 3.49               | 3.2                    | "              | prolific          | "                     |

のごとくである。果実は801が両親よりやや大きいのを除くと一般に小さい。果形については *C. sinense* を親とする 817・818・819・820 と 801 では両親の中間にあるが、他の  $F_1$  ではすべて短くなつた。しかしこれは配偶子不稔のため一果内種子数がきわめて少なくなり、その結果二次的に果実の発育が不良となつたも

のと考えられる。着果の方向は *C. sinense* との交雑を除き上向が完全または不完全に優性を示した。*C. annuum* の品種間交雑の場合では下向が完全または不完全優性を示す<sup>4)</sup> が種間雑種では反対の結果が得られた。着果数は一般に少ないものが多かった。未熟果色はほぼ両親の中間に現われた。

 Table 5 Characters concerning with the harvest and the quality of fruit in  $F_1$  hybrids.

| $F_1$ | Mature fruit colour | Degree of pangency* | Water content % | Deciduous character of ripe fruit |
|-------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|
| 801   | orange red          | 2                   | 73.1            | deciduous                         |
| 810   | "                   | 2                   | 80.3            | non-deciduous                     |
| 808   | orange              | 2                   | 82.1            | deciduous                         |
| 811   | orange red          | 2                   | 80.5            | "                                 |
| 807   | orange              | 2                   | 82.9            | "                                 |
| 812   | orange red          | 2                   | 81.2            | "                                 |
| 817   | red                 | 2                   | 82.8            | "                                 |
| 818   | orange red          | 2                   | 84.3            | "                                 |
| 819   | red                 | 1                   | 86.2            | non-deciduous                     |
| 820   | "                   | 2                   | 86.1            | "                                 |

\* Pangency of Takanotsume (*C. annuum*)=1

## (ロ) 実用的形質

果実に関する形質のうち商品価値および収穫能率に關係の深いものをまとめて示すと第5表のごとくである。完熟果色は未熟果色と同じくほぼ両親の中間にあらわれた。辛味の強さは819を除いて強い方の親にほぼ等しくなり実用的に充分である。果実の脱離性は収穫作業の能率を著るしく向上させることができるところのはなはだ有用な特性であるが、この性質はF<sub>1</sub>において完全優性として現われた。

Table 6 Pollen fertility and seed fertility in F<sub>1</sub> hybrids.

| F <sub>1</sub> | Pollen fertility % | No. of seed per fruit |
|----------------|--------------------|-----------------------|
| 801            | 38.1               | 7.4                   |
| 810            | 0                  | 2.0                   |
| 808            | 21.2               | 4.0                   |
| 811            | 21.1               | 5.5                   |
| 807            | 0                  | 2.0                   |
| 812            | 0                  | 1.0                   |
| 817            | 51.8               | 13.0                  |
| 818            | 36.7               | 11.4                  |
| 819            | 25.7               | 1.6                   |
| 820            | 37.6               | 2.6                   |

果実の水分含量はいずれのF<sub>1</sub>においても両親のほぼ中間の値を示した。しかし製品の商品価値に大きい影響をもつのは水分含量よりもむしろ果実の乾燥の良否である。さきに筆者等<sup>2)</sup>は、近縁各種の果実は我国の経済品種である鷹の爪や本鷹の果実にくらべて乾燥

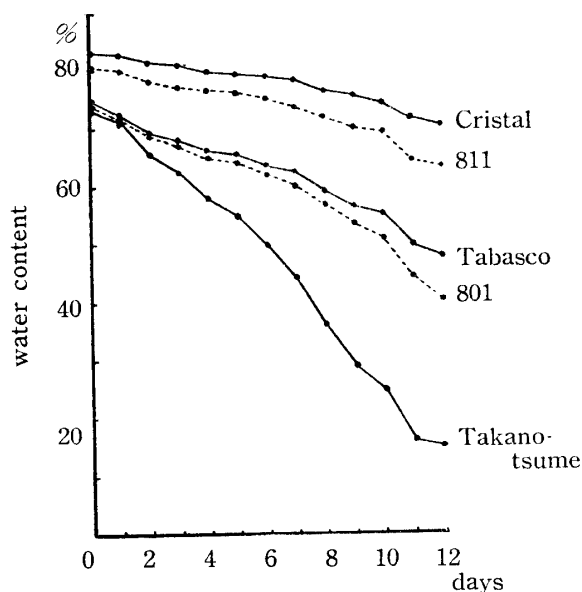


Fig. 1 Changes of water content of fruit after harvest (drying in the sun).

速度が非常におそくこれは果皮の解剖学的な相違に基づくものであることを述べた。そこでこれらF<sub>1</sub>の果実がそれらの両親と比較してどのような乾燥過程をたどるかを801・811の2つのF<sub>1</sub>について調査した結果を示すと第1図のごとくである。いずれのF<sub>1</sub>についてもその水分含量の変化は乾燥のおそい側の親に近くなった。これは実用的な育種の目的からすればはなはだ重要な形質であり、今後の育種過程において重視して行かねばならぬ形質である。

## B. 稔性

## (1) 花粉の稔性および種子数

各F<sub>1</sub>の花粉稔度および1果内稔種子数は第6表に示すごとくである。花粉稔度は817がもつとも高いが半分程度の花粉が不稔となった。801・808・811・818・819・820のF<sub>1</sub>では20~40%の稔度を示し、810・807・812では全部不稔となった。両親が同じでも交雑の方向によつて稔実率が異なり、とくに*C. frutescens*と*C. pendulum*のF<sub>1</sub>において明瞭な差がみられる。花粉稔性と種子数はほぼ比例的な関係がみられる。

## (2) 染色体の行動

花粉不稔の原因を追究するため、全花粉が不稔となる810について花粉母細胞の成熟分裂の際における染色体の行動を調べた。第2図Aは第1分裂中期のもので9個のⅡ価染色体と6個のⅠ価染色体がみられる。さらに第1分裂後期になると非接合染色体の一部は第2図Bのごとく遅滞染色体となる。

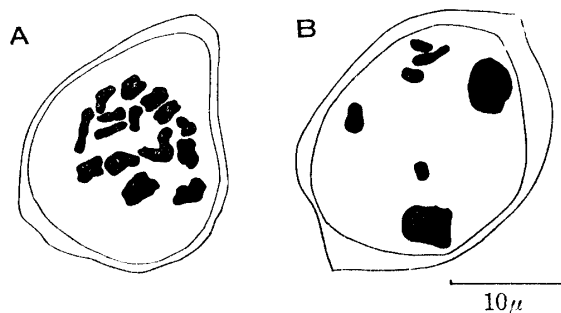


Fig. 2 Chromosome behavior at the meiosis in PMC of F<sub>1</sub> hybrid 810 (*C. annuum* × *C. pendulum*). A. First-Metaphase showing 9 II + 6 I, B. Five univalents lagging at first-Anaphase.

トウガラシ属栽培種の染色体数はいずれの種についても $n=12$ で従来から同一ゲノムによつて構成されるものと考えられていた<sup>1)</sup>が、この観察の結果からすればこのゲノム構成は部分的に非相同であつて、その結果配偶子の不稔が起るものと思われる。各F<sub>1</sub>における稔度の差はこの非相同の程度の差に基づくので

はないかと考えられるが、これを明らかにするには各  $F_1$  の配偶子形成の際の染色体の行動をさらにくわしく調べる必要がある。

### C. 近縁関係の再検討

前報<sup>3)</sup>においては交雑可能度の結果から *Capsicum* 属 5 種の類縁関係を図示したが、 $F_1$  の生育および稔性調査の結果からみて、*C. pendulum*, *C. sinense* および *C. frutescens* の群のうち *C. annuum* と交雑し  $F_1$  配偶子も可稔であるのは *C. frutescens* のみでこれがもつとも *C. annuum* に近いものと思われる。*C. pendulum* と *C. sinense* とはよく交雑し  $F_1$  の稔性も比較的高い。これに対し、*C. frutescens* は *C. sinense* とはよく交雑し  $F_1$  稔性も比較的高いが、*C. pendulum* との  $F_1$  は稔性も比較的低く交雑方向によつても大きい差がみられる。

### D. 種間交雑育種の方向

本研究の実用的な目的は我国の経済品種のすべてを含む *C. annuum* に他の種のもつ有用な形質を導入することにある。*C. annuum* は *C. sinense* および *C. pubescens* とは交雑せず *C. frutescens* および *C. pendulum* とのみ交雑可能であることが知られているが、 $F_1$  調査の結果  $F_2$  およびその後代を育成するためには、*C. pendulum* との交雑は  $F_1$  の稔性が極めて低く、実際には *C. frutescens* との交雑のみが種間交雑育種を達成するための残された道ということができよう。しかし *C. frutescens* に属する品種には、導入したい形質すなわち果実の脱離性、高 Capsicin 含量、耐暑性等を示すものが多く、この点はなほ都合である。*C. annuum* を除く他の種相互間の雑種の後代からは上記の目的にかなう系統を選び出すことはほとんど考えられないが、これらの  $F_1$  の示す Heterosis は他の目的に利用できるのではないかと考えられる。

## 引用文献

- 1) HEISER, C.B. Jr. and SMITH P.G. (1953): The cultivated *Capsicum* peppers. Econ. Bot. 7 (3); 214~227.
- 2) 広瀬忠彦・浮田定利・高嶋四郎 (1957): トウガラシの近縁種について. 西京大学報農 9 号; 13~22.
- 3) ———・西 新也・——— (1960): トウガラシ属栽培種の種間交雑に関する研究 I. 種間の交雑可能度について. 京府大学報農 12 号; 40~46.
- 4) KAISER, SAMUEL (1935): The inheritance of a geotropic response in *Capsicum* fruits. Bull. Torrey Bot. Club 62; 75~80.
- 5) MILLER, J.C. and Z.M. FINEMAN (1937): A genetic study of some qualitative and quantitative characters of the genus *Capsicum*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 35; 544~550.
- 6) ODLAND, M.L. and A.M. PORTER (1938): Inheritance of immature fruit color of peppers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 36; 647~651.
- 7) 太田泰雄 (1959): トウガラシ種間雑種 *Capsicum frutescens* × *C. annuum* について. 育種学会講演.
- 8) SMITH, P.G. and C.B. HEISER, Jr. (1951): Taxonomic and genetic studies on the cultivated peppers, *Capsicum annuum* L. and *C. frutescens* L.. Amer. Jour. Bot. 38 (5); 362~368.
- 9) ——— and ——— (1957): Breeding behavior of cultivated peppers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70; 286~290.

## Summary

The characteristics of ten species hybrids among four cultivated *Capsicum* species, *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. pendulum* and *C. sinense*, were observed and described.

Heterosis were shown in all  $F_1$  hybrids except the  $F_1$  obtained from the interspecific crosses with *C. annuum*. Some of  $F_1$  hybrids were so vigorous that they have grown up several times of their parents. Colored or yellow marked corolla was shown in dominance to white or no-marked. Mature fruit color of many  $F_1$  hybrids was inter-

mediate of the parents, and the deciduous character of ripe fruit was shown in dominance to non-deciduous. Water content of mature fruit of them were higher than the intermediate, and the hardiness for drying was shown in dominance.

Pollen fertility varied from 0 to 51.8% in all  $F_1$  hybrids.  $F_1$  obtained from the crosses between *C. frutescens* and *C. sinense* were the most fertile, and the  $F_1$  between *C. pendulum* and *C. sinense* is the next. In  $F_1$  between *C. frutescens* and *C. pendulum* the percentage of

normal pollen differed reciprocally. Pollen of  $F_1$  between *C. annuum* and *C. pendulum* were sterile entirely while that of  $F_1$  between *C. annuum* and *C. frutescens* partially fertile (38.1%). Pollen sterility of these  $F_1$  hybrid would be due to the partial heterogeneity of genome constitution in

the parent species.

From the results mentioned above, it may be considered that *C. frutescens* is the most related species to *C. annuum* so this species is the most important for the breeding of Japanese hot pepper varieties.

#### Explanation of Plate

Species hybrids  $F_1$  among four cultivated *Capsicum*.

1. 801 (Tabasco  $\times$  Takanotsume)
2. 810 (Takanotsume  $\times$  Cristal)
3. 811 (Cristal  $\times$  Tabasco)
4. 812 (Tabasco  $\times$  Cristal)
5. 817 (AC 1853  $\times$  Tabasco)
6. 818 (Tabasco  $\times$  AC 1853)
7. 819 (AC 1853  $\times$  Cristal)
8. 820 (Cristal  $\times$  AC 1853)

PLATE I

1



2



3



4



5



6



818

7



819

8



820