Hikaru KUWADA and Toshio MABUCHI : Characteristics of F_1 hybrids obtained from the crosses between *Hibiscus asper*, *H. cannabinus* and *H. sabdariffa* (Studies on interspecific and intergeneric hybridization in the Malvaceae XIV) (English summary on p. 273)

Hibiscus asper, *H. cannabinus* および *H. sabdariffa* の種間雑種の特性

(アオイ科の種, 属間雑種に関する研究 XIV)

桑田 晃*・馬淵敏夫**

(* 香川大学農学部, 香川県三木町)

(** 徳島県農業試験場, 徳島県石井町)

H. asper, *H. cannabinus* および *H. sabdariffa* の種間交雑の結果, *H. asper*×*H. cannabinus* では交雑が成功し, 5 個体の F_1 植物を, また *H. sabdariffa*×*H. asper* および *H. sabdariffa*×*H. cannabinus* ではいずれも胚珠培養を経て, 胚を育成し, さらにこれらを胚培養に移して, それぞれ 11 個体と 4 個体の F_1 植物を, いずれも育成したので, それらの特性を調査した。

上記 3 種類の F_1 植物の外部形態はいずれも全体としては両親のほぼ中間を示したが, なかには, 両親のいずれかに著しく類似した形質もみられた。

H. asper, *H. cannabinus* および *H. sabdariffa* の染色体数はそれぞれ $2n=36$, 36 および 72 であった。得られた *H. asper*×*H. cannabinus* F_1 , *H. sabdariffa*×*H. asper* F_1 および *H. sabdariffa*×*H. cannabinus* F_1 のそれらはそれぞれ $2n=36$, 54 および 54 であった。

H. asper×*H. cannabinus* F_1 では減数分裂に特に異常は認められず, 大部分の細胞で, $18n$ を示し, 花粉稔性も高く, F_2 種子を得て発芽したが, 途中で枯死した。*H. sabdariffa*×*H. asper* F_1 および *H. sabdariffa*×*H. cannabinus* F_1 ではいずれも, $18n+18n$ が多くみられ, その他の対合を示す細胞もみられたが, 花粉稔性は低く, 完全に不稔であった。

以上の結果から, *H. asper* と *H. cannabinus* は完全には相同ではないが, それに近い相同のゲノムを持つものと推定された。また *H. sabdariffa* は 2 つのゲノムより成り, 1 つは *H. asper* または *H. cannabinus* と部分相同のゲノムであり, 他の 1 つは, ごく僅か部分的に相同ではあるが, 異なったゲノムであると推定された。

緒 言

すでに前報 (桑田, 馬淵 1976) で報告した如く, *H. asper*, *H. cannabinus* および *H. sabdariffa* の 3 種間の正逆交雑において, *H. asper*×*H. cannabinus* では交雑が成功し, 5 個体の F_1 植物を, また *H. sabdariffa*×*H. asper* および *H. sabdariffa*×*H. cannabinus* ではいずれも胚珠培養を経て胚を育成し, さらにこれらを胚培養に移して, それぞれ 11 個体と 4 個体の F_1 植物を, いずれも育成することができた。そこで本報では, これらの F_1 について, その特性を調査したのでその結果を報告する。

1976 年 10 月 3 日受領

材 料 お よ び 方 法

H. asper × *H. cannabinus* F₁ は交雑種子より育成されたものであるが、*H. sabdariffa* × *H. asper* F₁ と *H. sabdariffa* × *H. cannabinus* F₁ は培養した胚珠を胚培養に移して育成されたものである故、その育成過程を異にしている。また後者の2つの F₁ については、いずれも胚珠培養の段階で、また胚培養の段階で、ともに生育の早晚、大小があり、したがって、それぞれ胚培養に移す時期も、またジーフィポットに移す時期も個体により、いずれも一定していなかった。したがって、移植の早い個体は 1972 年秋より温室で越冬させたが、おそい個体は年を越した。しかしいずれも 1973 年5月末には全部ジーフィポットに移し終り、同年6月21日には全部鉢上げを完了した。そしてその年の7月から暮にかけて、また更に翌年の3月末までにはほぼ特性調査を終了した。

結 果

1. 生育ならびに形態学的観察

Table 1. Characteristics of F₁ hybrids obtained from the crosses between *H. asper*, *H. cannabinus* and *H. sabdariffa*

Characteristics	<i>H. asper</i>	<i>H. cannabinus</i>	<i>H. sabdariffa</i>
Plant height(cm)	182.0	229.5	196.0
Stem size (cm) (Base diam.)	1.7	1.8	1.4
Stem	Less branching (1.7), Prickles many	Less branching (2.9), Prickles a few	Bushy branching(7.0), Prickles 0
Stem color	Green	Green	Green
Petiole	Prickles many	Prickles very few	Prickles 0
Petiole color	Light red	Light red	Light red
Leaf	Pubescent	Wooly tomentum	Wooly tomentum
Leaf color	Green	Green	Red
Leaf vein	Prickles many	Prickles a few	Prickles a few
Lamina	7 deeply palmately lobed, narrow, large serrate margin, Margin light red	5 deeply palmately lobed, narrow, some- what large serrate margin, Margin green	3-5 shallow palmately lobed, broad, a little serrate margin, Margin green

(continued)

Characteristics	<i>H. asper</i> × <i>H. cannabinus</i> F ₁	<i>H. sabdariffa</i> × <i>H. asper</i> F ₁	<i>H. sabdariffa</i> × <i>H. cannabinus</i> F ₁
Plant height (cm)	143.5	169.0	192.5
Stem size (cm) (Base diam.)	1.9	1.6	1.4
Stem	Bushy branching(4.9), Prickles a few	Bushy branching(6.2), Prickles a few	Bushy branching(5.3), Prickles a few or 0
Stem color	Green	Light red or red	Light red

Characteristics	<i>H. asper</i> × <i>H. cannabinus</i> F ₁	<i>H. sabdariffa</i> × <i>H. asper</i> F ₁	<i>H. sabdariffa</i> × <i>H. cannabinus</i> F ₁
Petiole	Prickles rather many	Prickles rather many	Prickles very few
Petiole color	Light red	Light red	Light red
	Wooly tomentum	Pubescent	Wooly tomentum
Leaf	(more like <i>H. cannabinus</i>)	(more like <i>H. asper</i>)	
Leaf color	Green	Light red	Light red
Leaf vein	Prickles many	Prickles many	Prickles a few
	5 deeply palmately lobed, narrow,	5 deeply palmately lobed, narrow,	5 deeply palmately lobed, narrow
Lamina	somewhat serrate margin,	somewhat serrate margin,	serrate margin,
	Margin light red	Margin light red	Margin light red

H. asper, *H. cannabinus* および *H. sabdariffa* の3種の親ならびにこれらの間に育成された3種類の F₁ の諸特性は Table 1 に示した。またこれらの植物は Fig. 1 に、葉の形状は Fig. 2 に示した。

1) 草丈については、3種類の F₁ はいずれも個体により著しく変異を示した。これは培養中の生育ならびに鉢上げの時期のちがい、また交配親が必ずしも遺伝的に純粋ではなかったこと等によるものと思われる。本調査の結果からは F₁ は必ずしも雑種強勢を示すとはいえなかった。

2) 茎についても、3種類の F₁ はいずれも必

Fig. 1. Plants of F₁ and parents.

- a : *H. asper*
- b : *H. cannabinus*
- c : *H. sabdariffa*
- d : *H. asper* × *H. cannabinus* F₁
- e : *H. sabdariffa* × *H. asper* F₁
- f : *H. sabdariffa* × *H. cannabinus* F₁

ずしも両親よりも太いとはいえなかった。しかし3種類の F_1 はいずれもやや灌木状を示し、分枝数は両親より多い傾向を示した。茎の刺の有無および茎の色については3種類の F_1 はいずれも両親のほぼ中間であった。

3) 葉柄については、その色ならびに刺の状態についても、3種類の F_1 はいずれも両親のほぼ中間であった。

4) 葉についても、その色、毛茸の状態および葉脈、特に主脈の刺の状態は、3種類の F_1 はいずれも両親のほぼ中間であった。なな葉片、特にその切れ込みの状況、また葉縁の鋸歯の状態も3

Fig. 2. Leaves of F_1 and parents.

- a { left : *H. asper*
middle : *H. asper* × *H. cannabinus* F_1
right : *H. cannabinus*
- b { left : *H. sabdariffa*
middle : *H. sabdariffa* × *H. asper* F_1
right : *H. asper*
- c { left : *H. sabdariffa*
middle : *H. sabdariffa* × *H. cannabinus* F_1
right : *H. cannabinus*

Fig. 3. Pods of F_1 plants.

- a : *H. asper* × *H. cannabinus* F_1
b : *H. sabdariffa* × *H. asper* F_1

種類の F_1 はいずれも両親のほぼ中間であった (Fig. 2 参照)。

5) 苞および萼の形状も3種類の F_1 はいずれも両親のほぼ中間であった。

6) 花についても、その大きさは3種類の F_1 はいずれも両親よりも必ずしも大きくはなかった。また花色は3種の親はいずれも黄色または濃いクリーム色であり、3種類の F_1 はいずれも両親とほぼ類似していた。

7) 着蒴については、*H. sabdariffa* × *H. cannabinus* F_1 では蒴を着生しなかったが、*H. asper* × *H. cannabinus* F_1 および *H. sabdariffa* × *H. asper* F_1 ではそれぞれ1個体当たり2.8および0.6個の蒴を着生した。その

形状は Fig. 3 に示す如く、前者は *H. cannabinus* に、後者は *H. sabdariffa* に著しく類似した。

2. 細胞学的観察

1) 染色体数： 交配に用いた3種の親の体細胞染色体数は *H. asper*, *H. cannabinus* および *H. sabdariffa* はそれぞれ 36, 36 および 72 であり、従来の研究者 (WILSON and MENZEL 1967, MENZEL and WILSON 1969, WILSON and ADAMSON 1970 および MENZEL and MARTIN 1970) と同一であった。これら3種の間の F_1 の体細胞染色体数は *H. asper* × *H. cannabinus* F_1 , *H. sabdariffa* × *H. asper* F_1 および *H. sabdariffa* × *H. cannabinus* F_1 ではそれぞれ 36, 54 および 54 であった。

2) 減数分裂： *H. asper*, *H. cannabinus* および *H. sabdariffa* の減数分裂はいずれも第一分裂中期 (MI) では、それぞれ 18_{II} , 18_{II} および 36_{II} を示し、特に異常は認められなかった。3種類の F_1 の MI における染色体対合は Table 2 に示した。

Table 2. Mean number of chromosome pairing in F_1 hybrids

Hybrids	No. of cells	Mean number per cell of			
		I	II	III	IV
<i>H. asper</i> × <i>H. cannabinus</i> F_1	19	0.23	17.72	—	—
<i>H. sabdariffa</i> × <i>H. asper</i> F_1	22	18.68	17.60	0.12	0.10
<i>H. sabdariffa</i> × <i>H. cannabinus</i> F_1	25	18.14	17.13	0.42	0.17

H. asper × *H. cannabinus* F_1 の MI では大部分の細胞において、ほぼ規則正しい対合を示し、 18_{II} が最も多く観察された。しかし稀には $17_{II}+2_I$ または $16_{II}+4_I$ も観察された。

H. sabdariffa × *H. asper* F_1 の MI では大部分の細胞では、 $18_{II}+18_I$ が観察されたが、なかには $17_{II}+20_I$ または $16_{II}+22_I$ も観察され、ごく稀にIVも観察された。この両種の間の F_1 については、MENZEL and WILSON (1969) は *H. asper* × *H. sabdariffa* F_1 についてであるが、やはり $18_{II}+18_I$ を比較的多く観察している。

H. sabdariffa × *H. cannabinus* F_1 の MI における染色体の対合の状態は *H. sabdariffa* × *H. asper* F_1 と著しく類似していた。なおこの両種の間の F_1 についても、MENZEL and WILSON (1969) は *H. cannabinus* × *H. sabdariffa* F_1 についてであるが、本実験とほぼ同様の観察結果を得ている。

Table 3. Frequencies of sporads with various number of microspores in F_1 hybrids

Hybrids	No. of spores per sporad				
	2	3	4	5	Total
<i>H. asper</i> × <i>H. cannabinus</i> F_1	21 (18.9)		90 (81.1)		111 (100.0)
<i>H. sabdariffa</i> × <i>H. asper</i> F_1	99 (67.3)	8 (5.4)	36 (24.5)	4 (2.7)	147 (100.0)
<i>H. sabdariffa</i> × <i>H. cannabinus</i> F_1	100 (59.2)	15 (8.9)	52 (30.8)	2 (1.2)	169 (100.0)

Figures in parenthesis denote percentage

3) 四分子期における各分子の割合ならびに花粉稔性： 花粉四分子期における各分子の形成の割合は Table 3 に示した。

H. asper × *H. cannabinus* F₁ では四分子の割合が 80% 以上を示し、花粉粒にも大小は殆んど認められず、花粉稔性も 92.75% と高かった。しかし種子稔性は著しく低く、F₁ 5 個体で 14 蒴着生し、種子は 4 粒で、したがって、種子稔性は 0.2857 であった。この 4 粒中 1 粒が発芽したが、途中で枯死した。

H. sabdariffa × *H. asper* F₁ および *H. sabdariffa* × *H. cannabinus* F₁ では、二分子より五分子まで観察された。そのため花粉粒も大小不揃で、花粉稔性もそれぞれ 12.02 および 27.80 で著しく低く、種子は 1 粒も得られなかった。この両種類の F₁ の四分子期の状態および花粉稔性についても、いずれも交雑組合せの方向が逆の場合であるが、MENZEL and WILSON (1969) の結果と著しく類似していた。

考 察

3 種類の F₁ のうち、*H. asper* と *H. cannabinus* との間の雑種については、これまでに育成されていないが、他の *H. sabdariffa* と *H. asper* との間および *H. sabdariffa* と *H. cannabinus* との間の雑種については、いずれも本実験の場合と逆方向の組合せにおいて雑種の育成に成功している。かくして本実験における 3 種類の F₁ は特に雑種強勢を示さなかったが、外部形態については、全体としては、3 種類の F₁ はいずれも両親のほぼ中間を示したが、なかには形質によっては、両親のいずれかに著しく類似した形質を示す場合もみられた。なお開花はいずれも両親よりおそい傾向がみられた。これらのことは、*H. asper* × *H. cannabinus* F₁ を除いては、いずれも FUKUSAWA *et al.* 1960, WILSON and MENZEL 1964, WILSON and MENZEL 1967 および MENZEL and MARTIN 1970 の結果とほぼ同様であった。

3 種類の F₁ のうち、*H. asper* × *H. cannabinus* F₁ については、減数分裂もほぼ正常に近く、花粉稔性も高かったが、種子稔性は低く、僅かの F₂ 種子しか得られなかった。この原因の詳細については不明であるが、両親のゲノムが幾分分化していることや、また遺伝子間の相互作用が関係しているものと思われる。

他の 2 種類の F₁ については、いずれも交配組合せの方向は異なるが、FUKUSAWA *et al.* 1960, MENZEL and WILSON 1969, WILSON and ADAMSON 1970 および MENZEL and MARTIN 1970 が報告しているごとく、いずれも不稔であった。ところが WILSON and MENZEL 1967 は *H. cannabinus* × *H. sabdariffa* F₁ の後代に自然に成立した異質六倍体を得ている。

以上の事実よりすれば、*H. asper* および *H. cannabinus* のゲノムは完全に相同ではないが、それに近い相同のゲノムを有し、この両種は長年月の間に幾分分化したものと推定された。また *H. sabdariffa* は 2 つのゲノムより成り、1 つは *H. asper* または *H. cannabinus* とほぼ相同のゲノムであり、他の 1 つはごくわずかに部分的に相同であるが、異なったゲノムであると推定された。

引用文献

- FUKUSAWA, C. A., F. F. CAMPOS and J. M. CAPINPIN 1960. Genetic aspects of the interspecific crosses between kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) and roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). The Philippine Agriculturist XLIV (5) : 223~235.
- 桑田 晃, 馬淵敏夫 1976. *Hibiscus asper*, *H. cannabinus* および *H. sabdariffa* の種間交雑種子の胚珠培養および胚培養 (アオイ科の種, 属間雑種に関する研究 XIII). 育雑 26 (4) : 298~306.
- MENZEL, M. Y. and F. D. WILSON 1969. Genetic relationships in *Hibiscus* sect. *Furcaria*. Brittonia 21 (2) : 9~125.
- and D. W. MARTIN 1970. Genome affinities of four African diploid species of *Hibiscus* sect. *Furcaria*. Jour. Heredity 61 (5) : 179~184.
- WILSON, F. D. and M. Y. MENZEL 1964. Kenaf (*Hibiscus cannabinus*), roselle (*Hibiscus sabdariffa*). Econ. Bot. 18 : 80~91.
- and ——— 1967. Interspecific hybrids between kenaf (*Hibiscus cannabinus*) and roselle (*H. sabdariffa*). Euphytica 16 : 33~44.
- and W. C. ADAMSON 1970. Reaction to the cotton root-knot nematodes and the pollen and seed fertility of kenaf-roselle (*Hibiscus cannabinus* × *H. sabdariffa*) allohexaploid. Euphytica 19 : 349~355.

Summary

(1) This report deals with the results of the morphological and cytological investigations of the F_1 hybrids obtained from interspecific crosses between *H. asper*, *H. cannabinus* and *H. sabdariffa*—namely, 5 F_1 plants obtained from *H. asper* × *H. cannabinus*, 11 F_1 plants obtained from *H. sabdariffa* × *H. asper* and 4 F_1 plants obtained from *H. sabdariffa* × *H. cannabinus*, through ovule and embryo culture.

(2) From Table 1 it can be seen that almost all characteristics in the three kinds of F_1 hybrids were either intermediate between or similar to one of the parents.

(3) The chromosome numbers in root tips of *H. asper*, *H. cannabinus* and *H. sabdariffa* were $2n=36$, $2n=36$ and $2n=72$, respectively and their hybrids had $2n=36$ in *H. asper* × *H. cannabinus*, $2n=54$ in *H. sabdariffa* × *H. asper* and $2n=54$ in *H. sabdariffa* × *H. cannabinus*.

(4) The parental species showed regular meiosis in PMC's. At MI in PMC's of the F_1 plants of *H. asper* × *H. cannabinus*, 18_{II} were most frequently observed, and in these hybrids, the pollen fertility was high and 4 F_2 seeds were obtained. However only 1 seed germinated and it failed to grow. At MI in PMC's of the F_1 plants of *H. sabdariffa* × *H. asper* and *H. sabdariffa* × *H. cannabinus*, $18_{II}+18_I$ were most frequently observed, and the pollen fertilities of both F_1 hybrids were extremely poor. Consequently both F_1 hybrids were totally sterile.

(5) Judging from the above-mentioned results, it may be considered that *H. asper* and *H. cannabinus* have in common one homologous genome which consists of 18 chromosomes, and *H. sabdariffa* has two genomes, one with 18 which is homologous with that of *H. asper* or *H. cannabinus*, and the other with 18 which is different from *H. asper* or *H. cannabinus*.

H. KUWADA*

T. MABUCHI**

* Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-cho, Kagawa

** Tokushima Agricultural Experiment Station, Ishii-cho, Tokushima