

四倍体普通ソバ(*Fagopyrum esculentum* MOENCH)および宿根ソバ(*F.cymosum* MEISSNER)の種間雑種における形態的特性

誌名	信州大学農学部紀要
ISSN	05830621
著者名	廣瀬,玉紀 氏原,暉男 岩崎,博行 堀内,敦子
発行元	信州大学農学部
巻/号	28巻1号
掲載ページ	p. 53-62
発行年月	1991年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



四倍体普通ソバ (*Fagopyrum esculentum* MOENCH)
および宿根ソバ (*F. cymosum* MEISSNER) の
種間雑種における形態的特性

廣瀬玉紀・氏原暉男・岩崎博行*・堀内敦子*
信州大学農学部 生物資源開発学講座

**Morphological Characteristics of Interspecific Hybrids between
Tetraploid Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* MOENCH)
and Perennial Buckwheat (*F. cymosum* MEISSNER)**

**Tamaki HIROSE, Akio UJIHARA, Hiroyuki IWASAKI
and Atsuko HORIUCHI**

Laboratory of Plant Breeding, Faculty of Agriculture,
Shinshu University

Summary

Fourteen interspecific hybrids were obtained through ovule culture between tetraploid common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* MOENCH, $2n=32$) and the perennial buckwheat (*F. cymosum* MEISSNER), which have also $2n=32$ chromosomes ($4x$).

The hybrids were transplanted from in vitro culture to the field condition at Experimental Farm of Faculty of Agriculture, Shinshu University. The hybrid plants could be easily distinguished by the shape of their cotyledons and the length of their hypocotyls in seedlings.

The growth of hybrids were the same or less than the parent species, and all of the hybrids with short-styled flower were not so good in the growth vigor as compared with long-styled hybrids. It will be assumed that the genetical relation was observed between the appearance of flower type and the growth vigor.

The hybrid plants were characterized as the intermediate of both parents in their leaf shape, figure of epidermal cells, number of stomata, flower shape and fruit type. However, the shape of the leaf and the leaf vein were variable among the hybrid strains.

The characteristics of the stem and the subterranean stem of hybrids were similar

*オリオン機械 技術研究所
1991年4月30日 受付

to *F. cymosum* used as the male parent in the degrees of the development of xylem and the accumulation of starch grains.

Since the anther dehiscence of hybrid flowers were not complete, the cytogenetical observation for the pollen mother cells and pollen formation will be examined.

(Jour. Fac. Agric. Shinshu Univ. 28 : 53-62, 1991)

要 約

四倍体の普通ソバ (*F. esculentum*) および野生宿根ソバ (*F. cymosum*) との交配により胚珠培養を経由して14個体の種間雑種植物を獲得した。

正常な生長を示す個体について組織培養にて増殖を行い、これら個体を系統とし順次順化した後に鉢上げして栽培が可能となった6系統について、1989年と1990年の両年にわたって茎葉、花器などの内・外部形態的特性を調査した。

胚珠培養によって得られた再生個体の幼植物の形態は、短縮した胚軸および長い子葉柄を持つ父本の *F. cymosum* に酷似していたため種間雑種であると判断された。

種間雑種の生育に関しては、両親と比較して、必ずしも良好とは言えなかった。また、短花柱花個体のいずれもが、長花柱花個体よりもわい性ないしは弱勢を示したことは、花型の発現と生育に遺伝的な関連があることをうかがわせた。

種間雑種は内・外部形態の多くが両親の中間的特性を示したが、特に葉の形態に関しては両親のいずれとも異なる特徴を持つ系統が出現するなど極めて変異に富んでいた。

茎および地下茎の形態については、種間雑種は木部の発達、デンプン粒の蓄積などの点で父本の *F. cymosum* の性質を有しており、また、花器および果実の形態は、両親の中間的特性を具えていた。

種間雑種においても外部形態的には正常な異型花柱花個体が分離したが、開葯が不完全であり花粉形成に異常があることが推察されたので、現在細胞遺伝学的観察を実施中である。

結 言

ソバ属 (genus *Fagopyrum*) には、栽培種として *F. esculentum* MOENCH (普通ソバ, $2n=16$) および *F. tataricum* GAERTNER (ダツタンソバ, $2n=16$) が知られ、野生種は *F. cymosum* MEISSNER (宿根ソバ, $2n=16$, $2n=32$) をはじめとして複数の種が確認されている。これらのうち *F. esculentum* は広く世界で栽培されているが、ソバに関する種間交雑による育種の試みはあまり行われておらず、これまでに長友 (1961) がわずかに1個体ではあるが *F. esculentum* と *F. cymosum* の種間雑種を獲得したと報告しているほか、*F. tataricum* と *F. cymosum* との種間に *F. giganteum* と呼ばれる雑種の存在がソ連において報告されている (KROTOV 1975) 程度である。

一方、種属間交雑においては受精後の胚や胚珠が退化する 경우가多く、退化前に受精胚や胚珠を取り出し人工培地を用いて培養する方法が行われてきている。このような胚・胚珠培養を利用して獲得された種属間雑種は、HU et al. (1986) によって多数の研究例がまとめられており、日本においても西ら (1959) による *Brassica* 属の例や零田・中島 (1982) によ

る *Nicotiana* 属の例などをはじめとして多数報告され、胚・胚珠培養は種属間交雑における雑種胚を救出する手段として一般的方法となっている。

著者らは *F. esculentum* の人為四倍体品種と *F. cymosum* の野生四倍体種との異型花柱花個体間で交配を行ったところ、受精は確認されたものの種子の獲得には至らなかった。このため、同上の交配後に胚珠を摘出し人工培地で胚珠培養を実施した結果、14個体の雑種植物を獲得することに成功した（氏原ら1988）。

その後、いくつかの個体は生育に異常を示したので、正常な生長を示す個体について組織培養にて増殖し、これら個体を系統とし圃場環境への順化を行ってきた。

本報告は、これら種間雑種系統の茎葉および花器の内・外部形態の特性について親系統と比較した結果を中心に述べたものであるが、雑種の生育状況や花型の出現などについても言及した。

材料および方法

種間雑種系統のうち順化後に鉢上げ栽培が可能となった6系統、および比較のために種間雑種の両親である *F. esculentum* の人為四倍体品種“信州大そば”とネパール産で四倍体の *F. cymosum* を供試材料とした。

調査は1989年と1990年の両年にわたって行ったが、雑種系統では鉢上げ後の生育に関して個体ごとに差が見られ、ほとんど開花しないものも見られるなど生育が不揃いであった。

なお、雑種系統の多くは宿根性を有していたので越冬が可能であったが、一部の系統では生育に異常を示したため調査の一部を実施しなかった。

胚珠培養によって作出された種間雑種の交配組合せおよび雑種の花型などを Table 1 に

Table 1. Production of interspecific hybrids (*Fagopyrum esculentum* × *F. cymosum*) through ovule culture.

Hybrid combination		Strain No. of hybrids	Flower type of hybrid plants
♀	♂		
<i>F. esculentum</i> (S)**	× <i>F. cymosum</i> (L)**	No. 1*	S
<i>F. esculentum</i> (S)	× <i>F. cymosum</i> (L)	No. 2*	S
<i>F. esculentum</i> (S)	× <i>F. cymosum</i> (L)	No. 5*	S
<i>F. esculentum</i> (L)	× <i>F. cymosum</i> (S)	No. 6	(unidentified)
<i>F. esculentum</i> (S)	× <i>F. cymosum</i> (L)	No. 8	L
<i>F. esculentum</i> (L)	× <i>F. cymosum</i> (S)	No. 9*	L
<i>F. esculentum</i> (L)	× <i>F. cymosum</i> (S)	No. 10	(unidentified)
<i>F. esculentum</i> (S)	× <i>F. cymosum</i> (L)	No. 12*	L
<i>F. esculentum</i> (S)	× <i>F. cymosum</i> (L)	No. 13	(unidentified)
<i>F. esculentum</i> (S)	× <i>F. cymosum</i> (L)	No. 17	(unidentified)
<i>F. esculentum</i> (L)	× <i>F. cymosum</i> (S)	No. 18*	L

* Investigated.

** (L); Long-styled plants, (S); Short-styled plants.

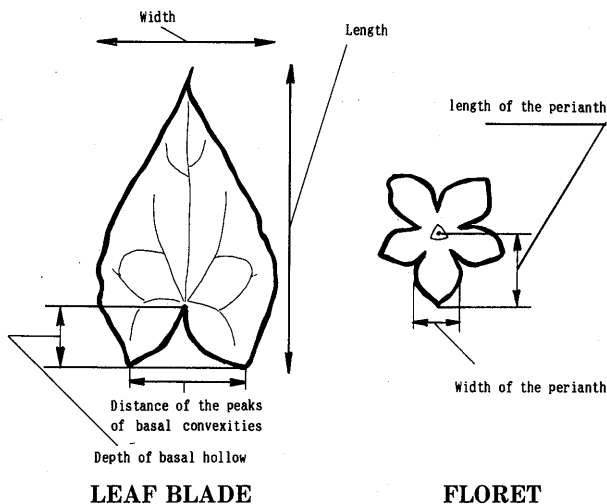


Fig. 1. Schematics for indexes of the leaf and the floret characteristics investigated.

Table 2. Indexes of characteristics of the leaf and flowers.*

Characteristics	
Leaf	Leaf index 1: Length of the leaf/Width of the leaf
	Leaf index 2: Depth of basal hollow/Length of the leaf
	Leaf index 3: Distance of the peaks of basal convexities of the leaf/Width of the leaf
	Ocrea index: Length of ocrea/Diameter of directly under internode
Flower	Inflorescens index: Maximum number of raceme in inflorescens
	Flower index: Length of the perianth/Width of the perianth

* See Fig. 1.

示した。

葉に関する外部形態的特性は、開花初期に個体中で最も大きい2～3枚の葉を対象とし、葉身の形状を測定、併せてレプリカを作成し表皮、気孔について、さらに横断切片を作成して内・外部形態を光学顕微鏡にて観察した。托葉鞘の形態は、葉身の展開前に調査を行った。花序の形態は開花盛期までに生じた個体中で最も大きな腋生花序について調査し、小花の特性は開花盛期のものについて調べた。これらの外部形態のうち葉と小花についての測定方法は、Fig. 1 および Table 2 に示した通りである。また、茎に関する解剖学的特性は開花盛期に平均的大きさの分枝を基部で切断し、横断切片を作成して検鏡し、同時にヨウ素ヨウ化カリウム溶液で染色してデンプン粒の蓄積量を観察した。

実験結果

1. 生育状況

両親の生育はおおむね揃っていたが、種間雑種の生育は全般的に両親よりもやや劣り、個体によって著しく生育や形態に変異が見られた。このことは、両親が他殖性であり種間雑種の遺伝的背景が一定ではなかったことのほかに、種間雑種が組織培養を経由しているため根の発達が悪かったことや鉢上げの際の植え傷みなどによるものと推測された。また、種間雑種において、短花柱花 (short style: pin) 系統の生育が長花柱花 (long style: thrum) 系統よりも劣る傾向が見られた。

2. 実生の形態および草姿

F. esculentum は胚軸が地上で 3 cm 程度に伸長し、子葉柄が 1 cm 程度と短く、全体として T 字形の実生であり、一方、*F. cymosum* は胚軸が地上にほとんど現れない程度しか伸長せず、子葉柄が 2~4 cm に伸長し全体として V 字形を呈した。種間雑種の実生は胚珠培養を経由しているため同列の比較は妥当ではないが、短い胚軸に長い子葉柄を具えた父本の *F. cymosum* に類似した形態を示したため、雑種個体であることを確認した。

F. esculentum は下位節においてほとんど分枝せず、通常の節間伸長を示したのに対し、*F. cymosum* は子葉節位を含む下位節で著しく分枝を生じ、下位節では節間が短縮し、また、地際近くの茎が著しく木化した。すべての種間雑種は、地際近くの下位節から分枝を生じることや茎の下部における木化が著しいことなどの点において *F. esculentum* より *F. cymosum* に類似した草姿を示した。

3. 葉の形態変異

葉身の形状および表皮と葉脈の内部形態について、代表的な種間雑種系統と両親の特性の比較を Fig. 2 に示した。葉身の形状は多くの系統で両親の中間形を示したが、系統 No. 9 において両親と大きく異なる形を示した。

十分に発達した葉における葉脈の形態については、両親とした両種間にかかなりの差異が認められた。すなわち、*F. esculentum* は葉脈の維管束鞘の発達が小さく、柵状組織が良く発達しており、逆に、*F. cymosum* では葉脈の維管束鞘が著しく発達し柵状組織を突き抜け表皮にまで達していた。この差は、葉を透過光により観察してみると、*F. esculentum* の葉脈が影として暗く見えるが、一方の *F. cymosum* の葉脈が透けて明るく見えるため容易に識別可能であった。このような葉脈の形態に関しては、種間雑種系統間でかなり大きな変異を示していた。

托葉鞘の形態は、*F. esculentum* では薄い膜状で先端が尖らないのに対し、*F. cymosum* は全体に大型で葉脈が発達し先端が鋭く尖っていた。種間雑種の托葉鞘はおおむね両親の中間形を示し、また、毛茸の量や葉縁の形状などでは両親の中間形か両親の一方に近い形態であった。

1 mm²当たりの葉面気孔数は、種間雑種では変異が大きかったものの、ほぼ両親の中間

の値を示した、また、1 mm²当たりの葉面表皮細胞数は、細胞の大きさを反映して両親間にかなり大きな差がみられ、多くの種間雑種では中間か母親の *F. esculentum* にやや近い値を示した (Table 4)。気孔数の変異の原因については、鉢上げ時の植え傷みなどによって個体間の吸水能力にかなり差があったことなどが考えられた。

葉面表皮細胞の形態についてみると、向軸面 (表面) では *F. esculentum* が凹凸のある複雑な細長い矩形を呈しているのに対し、*F. cymosum* は楕円形であったが、種間雑種においては変異の幅はかなり大きかったが、両親のほぼ中間的形態を示した。背軸面 (裏面) では、細胞の形態はいずれの種においても不定形であったが、大きさに関しては向軸面における場合と同様の傾向が認められた。

4. 茎および地下茎の内・外部形態

F. esculentum の茎は、中空で、皮層並びに木部の発達が小さく、皮層の部分にデンプン粒を蓄積した細胞の集団が点在しているのが認められた。これに対して、*F. cymosum* の茎は髓の部分までデンプン粒が蓄積している細胞で満たされており、皮層並びに木部も非常に良く発達していた。地下茎におけるデンプンの蓄積は木部の細胞で顕著であった (Fig. 3)。種間雑種な開花盛期の茎の皮層並びに木部に *F. cymosum* とほぼ同程度のデンプン粒の蓄積が認められ、地下茎内部にも若干の蓄積がされており、地上部の枯死後に再び萌芽し開花に至った。このことは、茎や地下茎内部のデンプン粒の蓄積が宿根性と密接に関係していることを示唆するものである。

Table 3. Morphological characteristics of interspecific hybrids (*Fagopyrum esculentum* × *F. cymosum*) and parent species.

Characteristics	<i>F. esculentum</i>	hybrids						<i>F. cymosum</i>
		No. 1	No. 2	No. 5	No. 9	No.12	No.18	
Leaf index 1	1.33	0.96	1.01	1.01	1.71	1.34	1.27	0.91
Leaf index 2	0.19	0.12	0.09	0.16	0.24	0.18	0.16	0.13
Leaf index 3	0.80	0.98	1.00	0.91	0.49	1.00	0.90	1.00
Margin	undulate	entire	entire	entire	entire	entire	undulate	entire
Ocrea	truncate	triangular	triangular	truncate	triangular	triangular	triangular	acuminate
Ocrea index	1	1	2	2	2-3	2-3	2	3<
Leaf hair	rare	rare	rare	rare	many	rare	rare	many
Leaf vein	-	-	-	-	+	-	-	++
Starch	-	+	+	+	++	++	++	++
Xylem	-	+	+	+	+	+	+	++
Rhizome	-	+	+	+	+	+	+	++
Infl. index	1	2	2	2	3	3	3	4<
Flower index	1.07	*	*	*	1.13	1.13	1.18	1.56
Fruit	-	*	*	*	+	*	*	++

(-): Degree of an average characteristics in *F. esculentum*, (++) : Degree of an average characteristics in *F. cymosum*, (+) : Intermediate characteristics. (*) : Uninvestigated.

Table 4. Stomatal frequency and characteristics epidermal cells of the leaf in interspecific hybrids (*Fagopyrum esculentum* × *F. cymosum*) and parent species.

Characteristics		<i>F. esculentum</i>	hybrids		<i>F. cymosum</i>
			No. 9	No. 18	
Stomatal frequency per mm ²	upper surface	4.0	17.3	52.0	22.6
	lower surface	102.0	97.3	96.0	190.7
No. of epidermal cells per mm ²	upper surface	400	625	625	1475
	lower surface	450	525	550	1175
Epidermal cell index (length / width)	upper surface	2.8	2.0	2.0	1.3
	lower surface	2.5	1.8	1.4	1.5

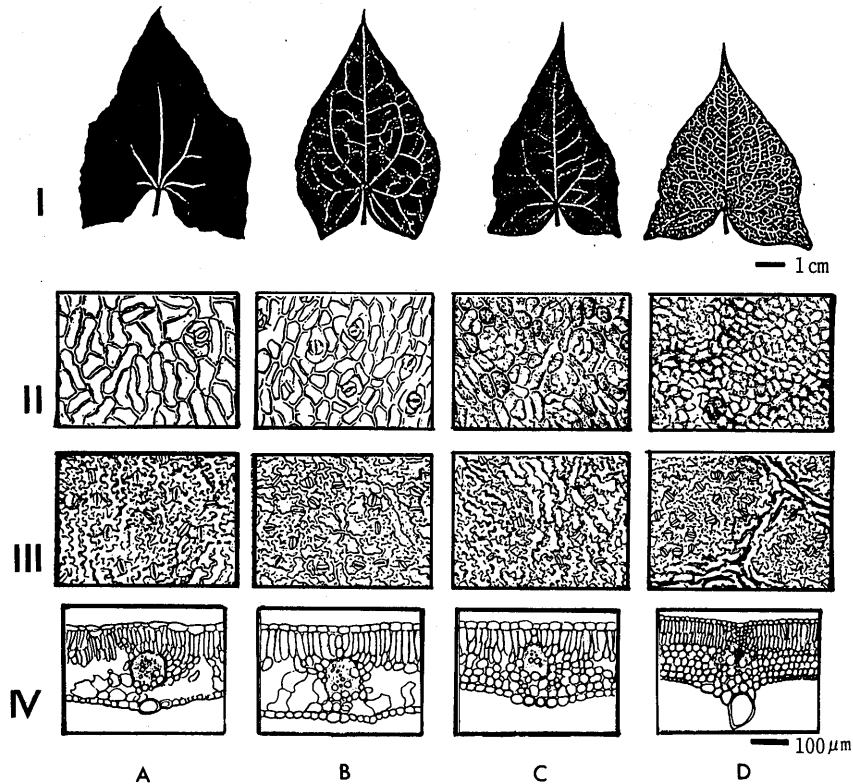


Fig. 2. Comparative representation of morphological characteristics of the leaf in interspecific hybrids (*Fagopyrum esculentum* × *F. cymosum*) and parent species.

I : Shapes of blade.

II : Stomata and epidermal cells (upper surface).

III : Stomata and epidermal cells (lower surface).

IV : Blade cross sections.

A : *F. esculentum*, B : Hybrid No.9, C : Hybrid No. 18, D : *F. cymosum*.

5. 花器および果実の形態

開花盛期までに生じた大型の腋生花序を比較すると *F. esculentum* が短い花序梗に通常1個の花房を着けたが, *F. cymosum* は長い序梗が数回分枝し4~8個以上の花房を着生した。種間雑種はいずれも2~3個の花房を着生し, 両親の中間的傾向を示した。

小花の形状についてみると, 花被片(がく片)が *F. esculentum* では幅が広く, *F. cymosum* は細長く, 明らかに異なっているが, 種間雑種はほぼ両親の中間形を示した (Fig. 4)。なお, この形質については安定して開花を続けた系統についてのみ調査を行ったが, 開花に至った種間雑種の全系統でほぼ同様の形態を示した。

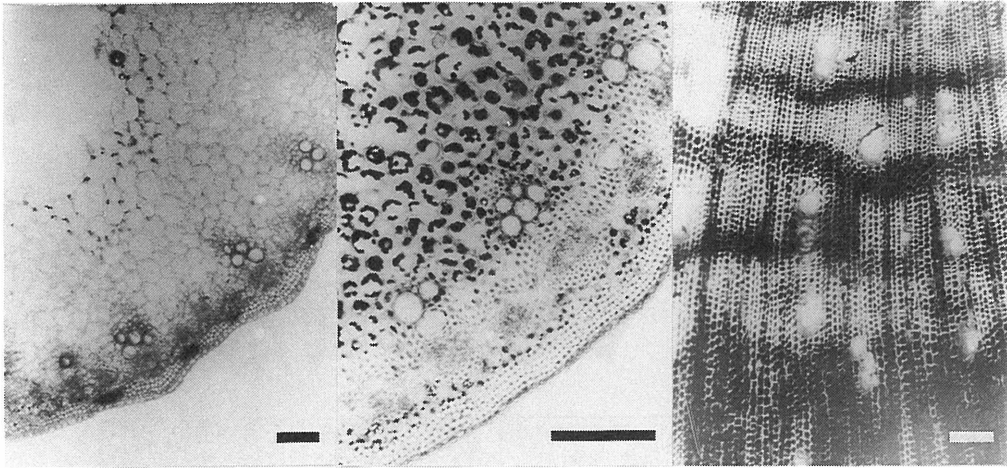


Fig. 3. Cross sections of the stem and the rhizome in *Fagopyrum esculentum* and *F. cymosum*.

Left: *F. esculentum* (stem), Center: *F. cymosum* (stem), Right: *F. cymosum* (rhizome). (Bar: 200 μ m)

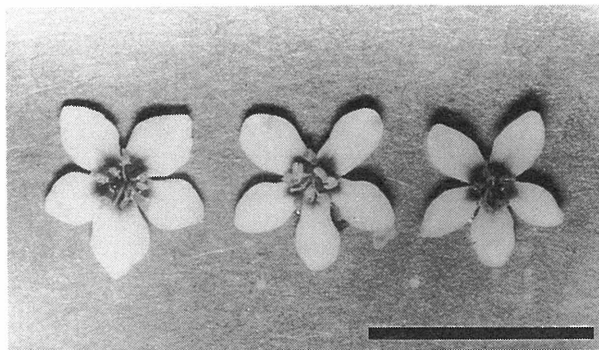


Fig. 4. Comparative representation of the floret in interspecific hybrids (*Fagopyrum esculentum* \times *F. cymosum*) and parent species.

Left: *F. esculentum*, Center: Hybrid No. 9, Right: *F. cymosum*. (Bar: 1cm)

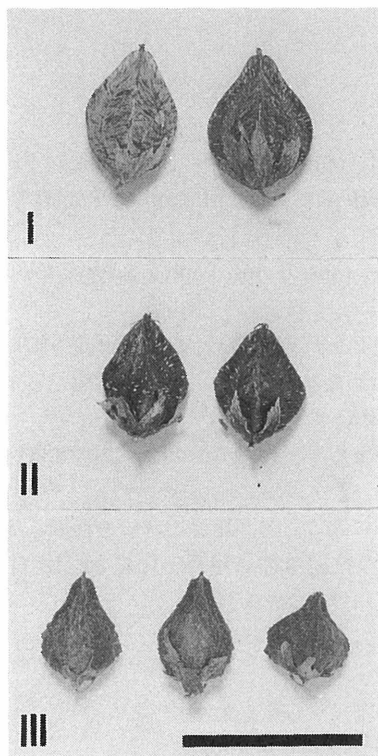


Fig. 5. Comparative representation of fruits in interspecific hybrids (*Fagopyrum esculentum* × *F. cymosum*) and parent species.

I : *F. esculentum*, II : Hybrid No. 9, III : *F. cymosum*.
(Bar : 1cm)

通常 *F. esculentum* および *F. cymosum* の両種共に長花柱花および短花柱花の異型花柱花個体を生ずるが、種間雑種においても両型に分離することが確認された。なお、種間雑種の全系統で開葯は不完全であった。

種間雑種の種子稔性は著しく低く、系統 No. 9 に若干の完熟粒が着生したのみであったが、*F. esculentum* のそう果は表面がなめらかであり突起などは見られなかったのに対し、*F. cymosum* のそう果は稜の部分に刺状の突起があり、さらに表面にも多数の小突起が見られたが、種間雑種のそう果は両親の中間的形態を呈していた (Fig. 5)。

考 察

種間雑種の生育に関しては、培養を経由していることもあり、種子から育成した両親と比較して、必ずしも良好ではなかった。また、種間雑種は地上の茎葉に比べ地下の根および地下茎の発育が劣っていたため、寒冷地の露地における宿根性を期待することは困難であると思われた。

F. esculentum と *F. cymosum* という異種間の異型花柱花個体間に得られた種間雑種において、外部形態的には正常な異型花柱花個体が分離したことは、両種の自家不和合性に関する遺伝子の発現機構が大きく異なるものではないことがうかがえる。さらに、短花柱花個体のいずれもが、長花柱花個体よりもわ

い性ないしは弱勢を示したことは、花型の発現と生育に遺伝的な関連があるものと推察される。

種間雑種は全系統において開葯が不完全であり、花粉粒は形成されることが確かめられているが、花粉の機能や花粉母細胞の減数分裂時の染色体対合に関する詳細な細胞遺伝学的観察を現在実施中である。

多くの外部形態に関して、種間雑種は親の中間形を示したが特に葉の各部の形態は極めて変異に富んでおり、葉身の形状について両親のいずれとも異なる特徴を持つ系統が出現した点については、自然四倍体であるネパール産 *F. cymosum* の遺伝的背景が複雑であることに起因することが考えられる。このことは、ネパール産の野生四倍体 *F. cymosum* が、同質四倍体であるか異質四倍体であるかとの問題にも関連して興味深いことである。

なお現在までに、種間雑種に交配母本である *F. esculentum* を戻し交配した BC₁F₁ が胚珠培養を経由して短花柱花個体および長花柱花個体の 2 個体が得られており、今後の稔性の向

上が期待されるところである。

引用文献

- HU, C. and P. WANG 1986. Embryo Culture : Technique and Applications. In "Handbook of Plant Cell Culture" EVANS, D. A., W. R. SHARP and P. V. AMMIRATO (eds.), Macmillan Publishing Company, New York, vol.4, pp. 43~96.
- KPOTOV, A. S. 1975. Flora of cultivated plants III. Groat crops. Kolos, Leningrad, pp. 15~17, (in Russian).
- 長友大. 1961. ソバの生殖生理ならびに二三形質の遺伝に関する研究. 宮崎大学, pp. 159~169.
- 西貞夫, 川田穰一, 戸田幹彦. 1959. はい培養による *Brassica* 属の c ゲノム (かんらん類) と a ゲノム (はくさい類) との種間雑種育成について. 育雑 8: 215~222.
- 栗田直紀・中島哲夫 1982. 胚珠培養による *Nicotiana rustica* L. と *N. tabacum* L. の種間雑種の作出. 育雑 32: 371~377.
- 氏原暉男, 中村由美夫, 岩崎博行, 堀内敦子. 1988. ソバ属における種間雑種の育成と利用に関する研究. (1) 四倍体普通種と野生種間の胚珠培養による種間雑種の獲得. 育雑 38 (別 1): 112~113.