

메밀속 식물의 과피 해부형태

허 권, 이기철¹⁾

강원대학교 농업생명과학대학, ¹⁾춘천교육대학교

Pericarp Anatomy of *Fagopyrum* (Polygonaceae)

Kweon Heo and Ki Cheol Lee¹⁾

College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chunchon, 200-701 Korea

¹⁾Chunchon National University of Education, Chunchon, 200-703 Korea

ABSTRACT

Pericarp anatomy of *Fagopyrum* was examined on the basis of 12 species and two subspecies to contribute to a better understanding of specific phylogenetic relationships within genus. Examined species have a similar mature pericarp structure, but differences among the species are found with respect to whether or not sclerotic cells are present, and what kind of is the sclerotic cell shape in the exocarp. By the comparisons with pericarp anatomical structures, they are classified into three groups. First clade is composed of *F. esculentum*, *F. esculentum* ssp. *ancestralis* and *F. homotropicum*; second clade is consisted of *F. tataricum*, *F. tataricum* ssp. *potanini* and *F. cymosum*; third clade is composed of *F. callianthum*, *F. capillatum*, *F. gracilipes*, *F. leptopodum*, *F. lineare*, *F. pleioramosum*, *F. statice* and *F. urophyllum*. The phylogeny based on pericarp characters was considerably consistent with ones proposed by previous authors. It also suggested that pericarp characters are useful information for deduceing phylogenetic relationships within genus *Fagopyrum*. On the other hand, morphological character evolution indicated that there are two synapomorphies in genus. Therefore, it was suggested that these species having selfing and homostylous characters are evolved from heterostylous and outcrossing species.

Key words: *Fagopyrum*, morphology, pericarp anatomy, systematics

서 언

메밀은 식물학적으로 마디풀과의 메밀속에 분류되어 있고, 농업적으로는 조, 수수, 옥수수 등과 함께 잡곡으로 취급되고 있다. 속명 *Fagopyrum*은 그리스어의 phagein(먹다)에 유래하여 종자를 먹는것에 유래했다는 설, 또는 수과의 모양이 참나무의 열매와 닮았다는 점 때문에 fagus(참나무)에 유래했다는 설 등이 있다(Ono, 1995). 메밀속은 현재까지 15종 정도가 알려져 있고 원산지는 동북아시아 지방으로 알려져 왔지만, 최근에 중국의 운남성 지방에서 야생 메밀이 다수 채집되어졌고 이들을 이용한 연구결과로

미루어 중국 운남성 지역이 메밀의 원산지로 알려지고 있다(Nakao, 1957; Ohnishi, 1991).

보통 메밀이라고 불리우고 있는 것은 *F. esculentum*을 말하며 60-130cm 정도의 1년생 초본이며, 줄기에는 등골고 긴 엽병을 가진 삼각상의 심장형 잎이 호생하고 여름부터 가을에 걸쳐 흰색 또는 담홍색의 꽃이 총상화서로 개화한다. 꽃의 직경은 6mm정도이고 암술의 기부에는 밀선이 있어 중요한 밀원식물로 이용되기도 한다. 열매는 종에 따라 크기와 모양이 다르지만 보통 1-7mm 정도의 난형 또는 삼각상의 수과(瘦果)이다. 메밀(*F. esculentum*)은 전형적인 자가불임성 식물로서 화사보다 화주가 긴 장주화 개체와, 화사보다 화주가 짧은 단주화의 개체가 거의 같은 비

율로 존재하며 주로 총매에 의하여 타가수분되어진 다(Ono, 1995). 따라서 기상조건에 따라 생산량의 변동이 심하다. 메밀의 최대 생산국은 역시 중국이며 우리 나라도 중국으로부터 수입하여 원료로 사용하고 있는 실정이다. 달단종인 *F. tataricum*은 중국에서 대량 재배되고 있고 꽃은 *F. esculentum*보다 작지만 자가화합성으로서 수정 결실율이 높아 *F. esculentum*의 3배 이상의 수량을 낸다. 내한성, 내건성이 강하나 종자에 tannin성분이 많아 쓴맛이 강하지만, 최근에는 소화불량이나 동맥경화증 예방을 위한 신물질 탐색으로 주목받고 있다(Ono, 1995). 또한, 농업적으로는 내한성, 내건성, 자가화합성 등의 형질을 *F. esculentum*에 전환시키려는 노력이 계속되고 있으나 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다(Campbell, 1995).

메밀에 대한 재배기원 및 계통유연관계에 대한 연구는 현재까지 외부형태 및 isozymes, chloroplast DNA, RAPD 등의 연구를 통하여 속내의 계통유연관계를 추정하여 왔다(Murai와 Ohnishi, 1996; Ohnishi와 Matsuoka, 1996).

본 연구에서는 유전자원으로서 메밀의 효율적 이용을 위하여 각 종들에 대한 수과의 내부형태적 특성을 밝히고 이를 토대로 계통유연관계를 추정해보며, 부가적으로 앞으로의 육종연구에 우량형질을 이용할 수 있도록 그 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 메밀의 재료는 일본 경도대학 농학부 식물생식질연구소로부터 분양받은 12종 2아종을 실험에 이용하였으며 이들의 채집 data는 표 1에 나타내었다.

수과가 건조되어 있으므로 우선 종별로 고정병에 넣어 F.A.A. 용액으로 수일간 침적한 후 t-butyl alcohol series로 탈수하고 녹는점이 56-58℃인 파라핀과 치환시켜 파라핀 cake을 만든 후에 rotary microtome을 이용하여 8μm 두께로 절단하여 슬라이드 위에 고착시켰으며 Hematoxylin, Safranin, Fastgreen으로 3중 염색하여 최종적으로 xylene으로 세척후 Entellan으로 mounting하였다. 대부분의 메밀 수과는 딱딱하여 양호한 절편을 만들기 어려웠으므로 조직을 연화시킨 후에 microtoming 하였다. 연화방법은 우선 파라핀 cake 속에 있는 수과를 조금 절단한 후 glycerol 10 : 10% Aerosol OT 5 : water 85 의 비율로 섞은 연화제에 3-4주 침적시켜 조직을 부드럽게한 후 절단하였다(Schmid와 Turner, 1977). 중간 과피의 해부학적 구조는 기본적으로 성숙한 수과를 종별로 2개 이상 횡단 절단하여 현미경으로 과피형태를 관찰하여 비교연구에 이용하였다. 과피의 해부학적 기술용어는 외과피(exocarp), 중과피(mesocarp), 내과피(endocarp)를 채택하였다(Fahn, 1990).

Table 1. Studied taxa and collection data of *Fagopyrum*.

Taxa	Collection data
<i>Fagopyrum callianthum</i> Ohnishi	China. Nixiang, Sichuan C9562 (KYO).
<i>F. capillatum</i> Ohnishi	China. Lijiang, Yunnan C9569 (KYO).
<i>F. cymosum</i> Meissn.	China. Kunming, Yunnan C9441 (KYO).
<i>F. esculentum</i> Moench	China. Wenchuan, Sichuan C9506 (KYO).
<i>F. esculentum</i> ssp.	
<i>ancestralis</i> Ohnishi	China. Jinan, Yunnan C9507 (KYO).
<i>F. gracilipes</i> Hemsl.	China. Weining, Quizhou C9583 (KYO).
<i>F. homotropicum</i> Ohnishi	China. Zhongdian, Yunnan C9517 (KYO).
<i>F. leptopodum</i> Diels	China. Yongsheng, Yunnan C9553 (KYO).
<i>F. lineare</i> Sam.	China. Binchuan, Yunnan C9463 (KYO).
<i>F. pleioramosum</i> Ohnishi	China. Wenchuan, Sichuan C9567 (KYO).
<i>F. statice</i> Gross	China. Chengjiang, Yunnan C9558 (KYO).
<i>F. tataricum</i> Gaertn.	China. Zhongdian, Yunnan C9523 (KYO).
<i>F. tataricum</i> ssp.	
<i>potanini</i> Batalin	China. Ganzi, Sichuan C9529 (KYO).
<i>F. urophyllum</i> Bur. et Franch.	China. Kunming, Yunnan C9444 (KYO).

결과 및 고찰

메밀속에 있어서 성숙 수과의 일반적 특징

메밀속의 열매는 견과과이고, 배유를 갖고 있으며

과피안에는 종자가 1개 들어있는 수과의 형태를 취하고 있다. 수과의 크기는 종에 따라 다양하였으며 가장 큰 수과는 *F. cymosum*이었으며, 가장 작은 수과를 가진 종은 *F. lineare*이었다(그림 1의 B, H, 표 2). 수과의 횡단면의 형태는 *F. esculentum* type(그림 2,

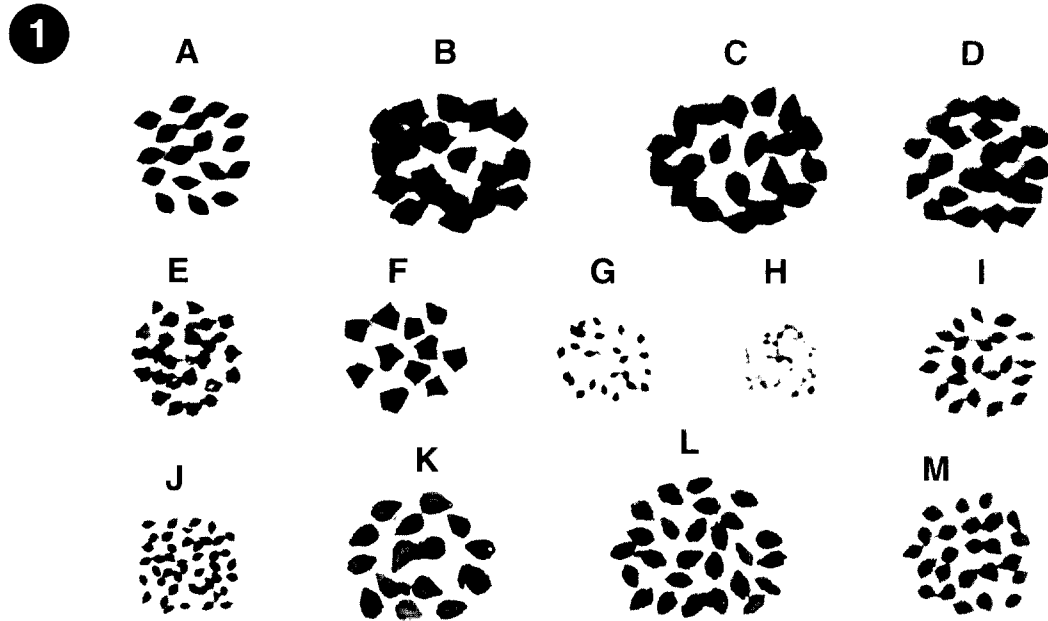
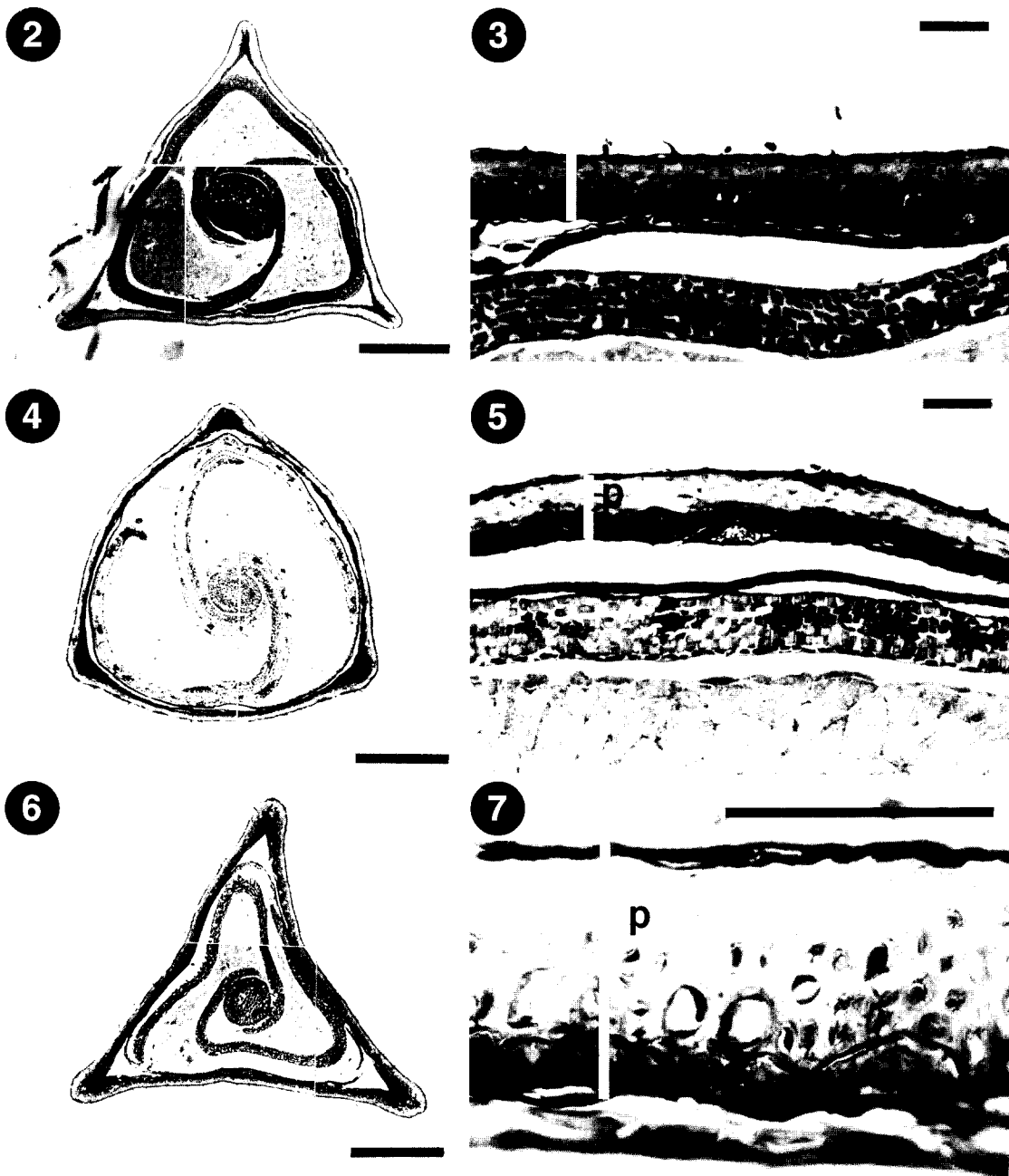


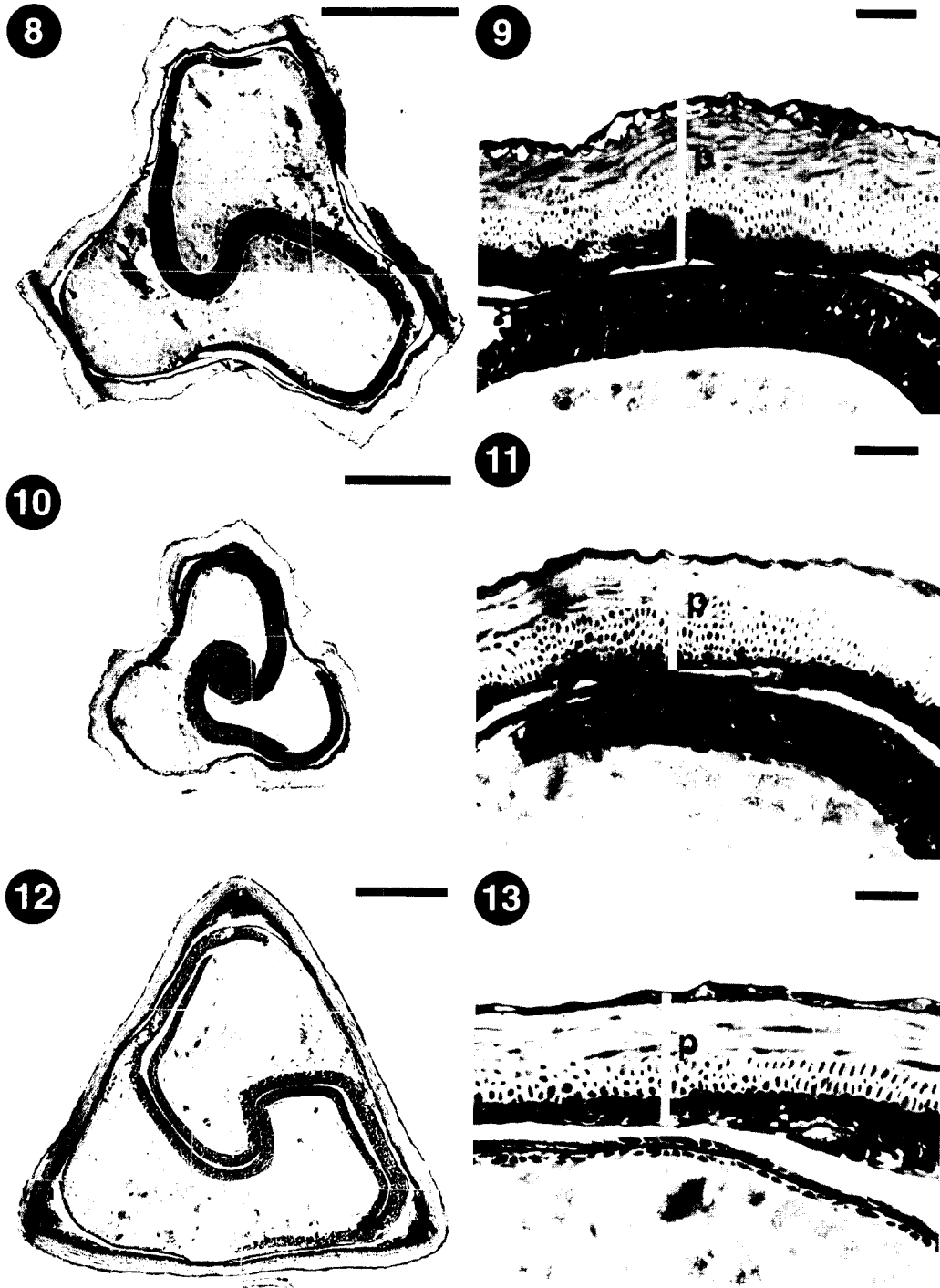
Fig. 1. Mature achenes of *Fagopyrum* showing various size and shapes. A, *F. callianthum*; B, *F. cymosum*; C, *F. esculentum*; D, *F. esculentum* ssp. *ancestralis*; E, *F. gracilipes*; F, *F. homotropicum*; G, *F. leptopodium*; H, *F. lineare*; I, *F. pleioramosum*; J, *F. statice*; K, *F. tataricum*; L, *F. tataricum* ssp. *potanini*; M, *F. urophyllum*. Scale bar equals 1cm.

Table 2. Diversity of achene size, weight of 1000 grains, and thickness of pericarp in *Fagopyrum*.

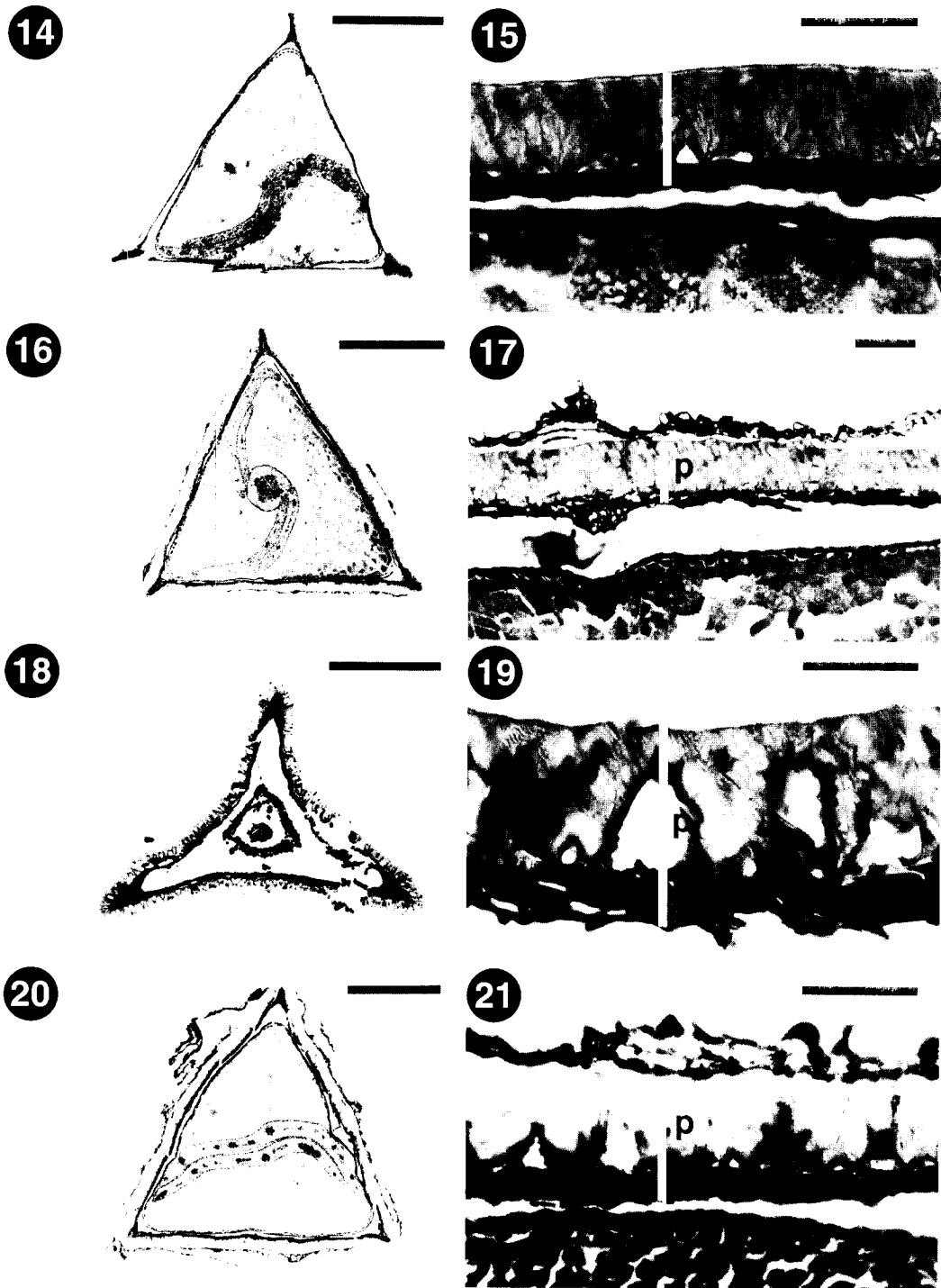
Taxa	Length × Width(mm)	1000grain wt.(g)	Thickness of pericarp(μm)
<i>Fagopyrum callianthum</i>	3.9 × 2.5	4.7	100
<i>F. capillatum</i>	2.0 × 1.5	1.2	50
<i>F. cymosum</i>	5.7 × 4.6	24.4	220
<i>F. esculentum</i>	5.6 × 3.6	22.5	100
<i>F. esculentum</i> ssp. <i>ancestralis</i>	4.5 × 3.4	12.3	90
<i>F. gracilipes</i>	2.9 × 2.3	2.3	50
<i>F. homotropicum</i>	4.1 × 3.9	11.0	90
<i>F. leptopodium</i>	2.1 × 1.4	0.89	45
<i>F. lineare</i>	1.6 × 1.0	0.65	35
<i>F. pleioramosum</i>	3.4 × 1.9	2.6	50
<i>F. statice</i>	2.2 × 1.3	1.1	45
<i>F. tataricum</i>	4.9 × 3.3	25.6	280
<i>F. tataricum</i> ssp. <i>potanini</i>	4.5 × 2.8	11.9	200
<i>F. urophyllum</i>	3.7 × 2.5	6.3	80



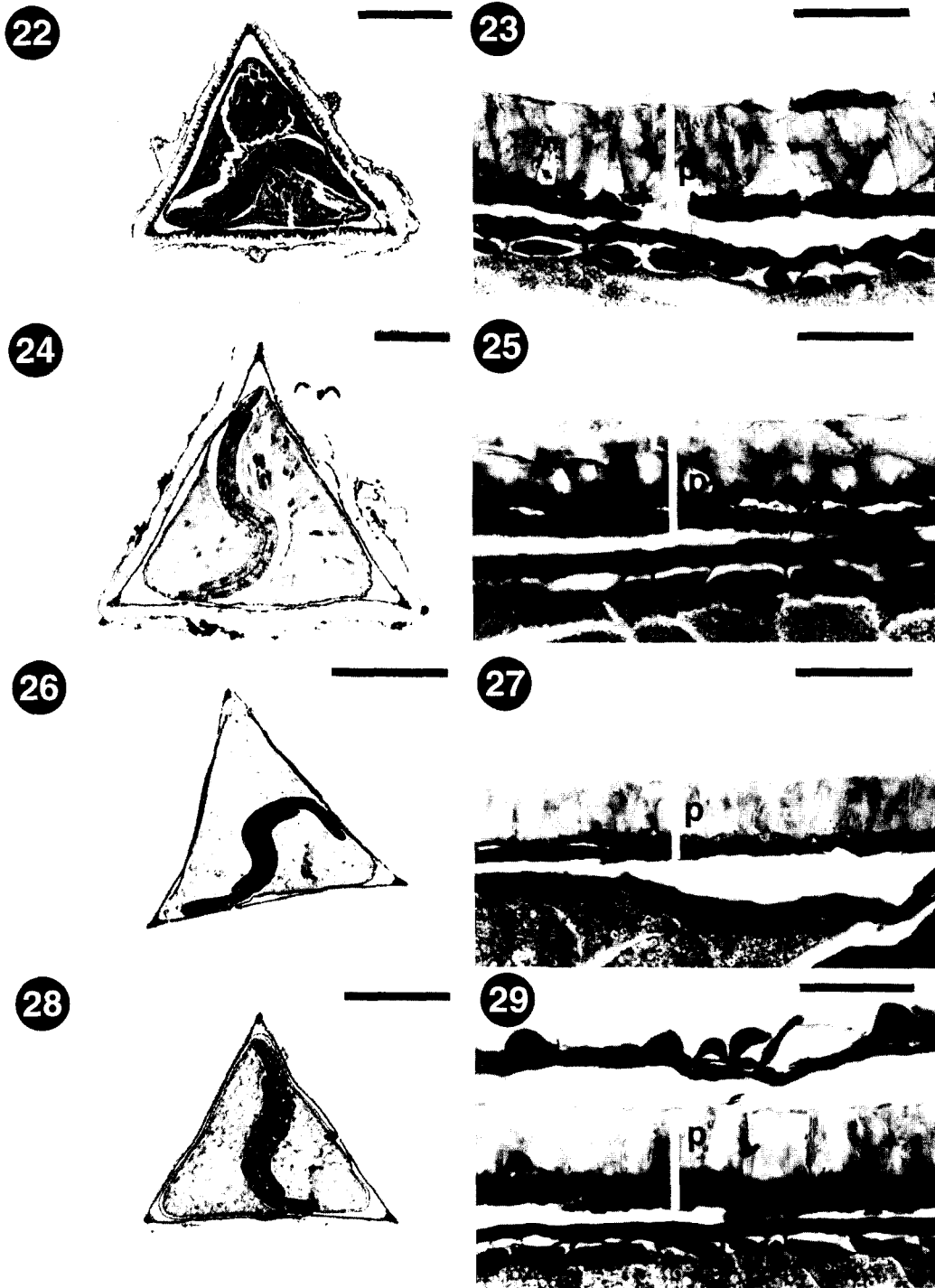
Figs. 2-7. Transverse sections of mature achenes and magnified pericarp of *Fagopyrum*. 2 and 3, *F. esculentum*; 4 and 5, *F. esculentum* ssp. *ancestralis*; 6 and 7, *F. homotropicum*. Scale bars equal 1mm in Figs. 2, 4 and 6; 100 μ m in Figs. 3, 5 and 7. Abbreviation: p, pericarp.



Figs. 8-13. Transverse sections of mature achenes and magnified pericarp of *Fagopyrum*. 8 and 9, *F. tataricum*; 10 and 11, *F. tataricum* ssp. *potanini*; 12 and 13, *F. cymosum*. Scale bars equal 1mm in Figs. 8, 10 and 12; 100 μ m in Figs. 9, 11 and 13.



Figs. 14-21. Transverse sections of mature achenes and magnified pericarp of *Fagopyrum*. 14 and 15, *F. gracilipes*; 16 and 17, *F. callianthum*; 18 and 19, *F. urophyllum*; 20 and 21, *F. leptopodum*. Scale bars equal 1mm in Figs. 14, 16 and 18; 500 μ m in Fig. 20; 100 μ m in Fig. 17; 50 μ m in Figs. 15, 19 and 21.



Figs. 22-29. Transverse sections of mature achenes and magnified pericarp of *Fagopyrum*. 22 and 23, *F. capillatum*; 24 and 25, *F. pleioramosum*; 26 and 27, *F. lineare*; 28 and 29, *F. statice*. Scale bars equal 500 μ m in Figs. 22, 24, 26 and 28; 50 μ m in Figs. 23, 25, 27 and 29.

4), *F. tataricum* type(그림 8, 10), *F. urophyllum* type(그림 14, 16)의 3가지 형태로 구분되어졌다. 과피의 두께는 35-280 μ m 정도였으며(표 2), 조사된 종 모두에서 과피형태는 한 층의 책상조직 또는 여러 층의 보강세포(sclerotic cell)로 구성된 외과피, 그리고 3-4층의 tannin화한 세포로 구성된 내과피로 이루어져 있었다. 과피구조에 있어서 중간 차이는 외과피에서 뚜렷이 관찰되었다. *Fagopyrum esculentum*, *F. esculentum* ssp. *ancestralis*, 및 *F. homotropicum*은 외과피에서 보강세포의 형태가 원형을하고 벽공모양으로 발달하고 있었다(그림 3, 5, 7). 반면에, *F. tataricum*, *F. tataricum* ssp. *potanini*, 및 *F. cymosum*은 외과피가 두 개의 층으로 발달하였다. 즉, 내외과피는 *F. esculentum*과 같은 벽공모양의 원형보강세포가 발달하고 있고 외외과피에는 보강세포가 3-4층으로 길게 횡열로 발달하였다(그림 9, 11, 13). 그리고 나머지 소립형 수과인 8종의 과피는 표면이 매끄러우며 보강세포가 발달하지 않았고 그대신 한 층의 두꺼운 책상조직으로 분화한 외과피가 과피의 대부분을 차지하고 있었다(그림 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29).

과피해부형태로 본 메밀속의 계통유연관계

마디풀과에서 메밀속이 뚜렷이 구별되어지는 형

태적 특징은 수과의 중앙에 자엽이 나선상으로 구부러지는 특징으로 메밀속이 분류된다(Ohnishi와 Matsuoka, 1996). 과피의 해부형태를 조사해 본 결과 메밀속은 크게 세 개의 분지군으로 분류할 수 있었다. 첫째 분지군은 *F. esculentum*, *F. esculentum* ssp. *ancestralis* 및 *F. homotropicum* 군이고, 둘째 분지군은 *F. tataricum*, *F. tataricum* ssp. *potanini* 및 *F. cymosum* 군, 셋째 분지군은 앞의 두 분지군에 속한 종들을 제외한 소립종에 해당하는 나머지 8종이 여기에 포함됨을 알 수 있었으며, 이상의 과피 해부형태의 결과를 지금까지의 계통추정 연구결과들에 비교해 보면 상당한 부분이 일치하고 있음을 알 수 있다(그림 30). 최근까지 메밀속의 중간 계통유연관계는 외부형태, isozymes, cpDNA, RAPD 등의 접근방법을 통하여 추정하여 왔다(Murai와 Ohnishi, 1996; Ohnishi와 Matsuoka, 1996). Ohnishi 등(1996)은 메밀속의 계통유연관계를 분석하면서 *F. esculentum*, *F. esculentum* ssp. *ancestralis*, *F. homotropicum*을 하나의 clade로, *F. tataricum*, *F. tataricum* ssp. *potanini*, *F. cymosum*을 또 하나의 clade로, 나머지 8종 -*F. callianthum*, *F. capillatum*, *F. gracilipes*, *F. leptopodum*, *F. lineare*, *F. pleioramosum*, *F. statice*, *F. urophyllum* -을 하나의 clade로 분류하였다. 이들 세 개의 분지군과 과피 해부형태의 결과를 비교해보면,

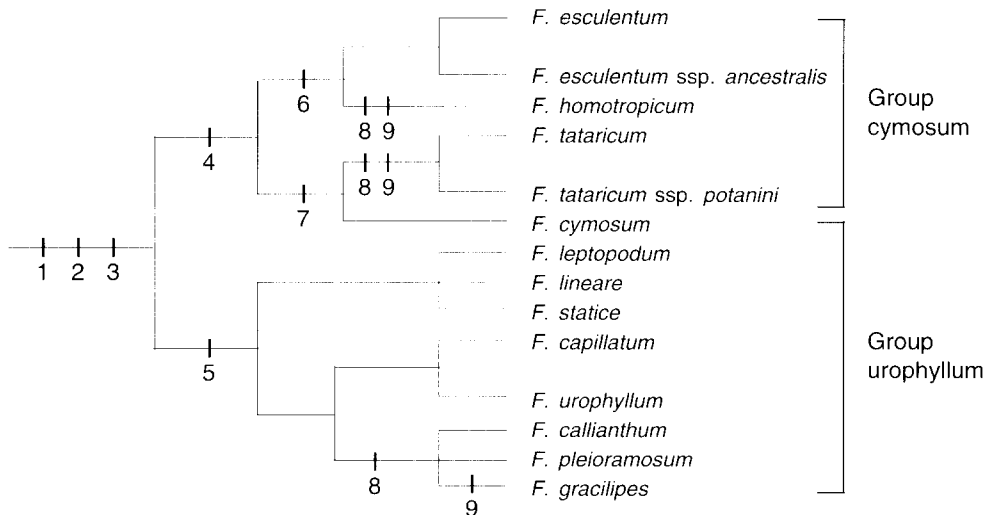


Fig. 30. An assumed phylogenetic tree for *Fagopyrum* based on morphological characters. Numbers are indicated the character state; 1, folded cotyledons; 2, outcrossing; 3, heterostylous; 4, sclerotic cells in pericarp; 5, palisadal pericarp; 6, pericarp did not divide into two zones; 7, pericarp divided into two zones; 8, selfing; 9, homostylous.

Ohnishi 등(1996)의 첫 번째 clade에 속한 종들은 외과피에 발달한 보강세포가 벽공모양의 원형상으로 외과피 전체에 걸쳐 분포하고 있는 형태를 취하고 있고, 두 번째 clade에 속하는 종들은 외과피내의 보강세포가 두 지역으로 나뉘어 서로 다른 모양의 보강세포로 구성되어 있는 특징을 갖고 있었다. 세 번째 clade에 속하는 8종의 외과피는 한층으로 발달한 책상조직 형태의 세포로 구성되어 있는 특징을 가지고 있어 다른 clade와는 서로서로 뚜렷이 구별되면서 Ohnishi 등(1996)의 결과와 잘 일치하고 있다. 또한, 표 2에 나타난 것 처럼 수과의 평균 1,000립중을 조사한 결과, 외과피내의 보강세포가 잘 발달한 *F. cymosum*, *F. esculentum*, *F. esculentum* ssp. *ancestralis*, *F. homotropicum*, *F. tataricum*, *F. tataricum* ssp. *potanini* 는 11g 이상이었으며, 외과피가 한층의 책상조직 형태의 세포로 발달한 *F. callianthum*, *F. capillatum*, *F. gracilipes*, *F. leptopodum*, *F. lineare*, *F. pleioramosum*, *F. stative*, *F. urophyllum* 종은 7g이하로 소립의 컵대를 갖고있는 종들로 구성되어 있었다.

동위효소 및 cpDNA 정보를 이용한 최근의 연구에서 *F. cymosum*과 *F. tataricum*, *F. esculentum*의 유연관계를 기술하면서 *F. cymosum*은 *F. esculentum*보다도 *F. tataricum*에 더 가까움을 나타내고 있다(Ohnishi와 Matsuoka, 1996). 이러한 결과는 본 연구에서 수행된 과피의 해부형태적 측면에서 볼 때 Ohnishi 등(1996)의 결론을 지지하고 있다. 그러나, cpDNA 나 isozymes, RAPD 분석에 의한 분류와 전형적인 외부형태적 정보에 의한 분류간에는 여전히 논란의 소지가 남아있다. 실지 수과의 외부형태에 있어서 *F. cymosum*은 *F. esculentum*에 잘 닮고 있으나, 과피의 해부형태나 DNA 수준의 연구에서 *F. cymosum*은 *F. tataricum*에 더 잘 닮고 있다(Ohnishi와 Matsuoka, 1996). 또한, 위에서 언급한 세 개의 clade에서 각각의 clade를 살펴보면, 하나의 clade안에 이형화주를 갖는 종과 동형화주를 갖는 종이 함께 clade를 이루고 있고, 자가수정 종과 타가수정 종이 각 clade안에 혼재되어 있어서 계통유연관계를 추정하는데 어려움을 더하고 있다. 그림 30에서 자가수정 형질(형질 8, selfing)은 *F. homotropicum*, *F. tataricum*, *F. callianthum*, *F. pleioramosum*, *F. gracilipes*종에서 나타나고 있으므로 이형질은 속 내에서 평행진화한 공유파생형질로 인정되고, 동형

화주 형질(형질 9, homostylous)도 *F. homotropicum*, *F. tataricum*, *F. gracilipes*종에서 나타나고 있어 공유파생형질로 진화의 과정을 거쳤음을 추정할 수 있다. 보통 메밀속에서는 동형화주 형질을 갖는 종들은 자가수정 형질을 함께 공유하지만, *F. callianthum*과 *F. pleioramosum*종은 자가수정을 하면서도 이형화주를 갖는 종이므로 계통추정을 어렵게하고 있다(그림 30). 이러한 사실은 단적으로 식물의 외부형태적 형질은 내부형태적 형질이나 DNA 수준으로부터 얻어진 형질에 비하여 객관성이 결여됨을 시사하는 것이라 생각할 수 있다.

현재까지 메밀속에 대한 계통유연관계는 Ohnishi 등(1996)이 크게 두 개의 그룹으로 인식하여 발표하고 있다. 하나는 *cymosum*그룹으로 *F. cymosum*, *F. esculentum*, *F. esculentum* ssp. *ancestralis*, *F. homotropicum*, *F. tataricum*, *F. tataricum* ssp. *potanini* 종이 속하며 외과피의 보강세포가 잘 발달한 종들로 구성되어 진다. 다른 한 그룹은 *urophyllum*그룹으로 소립의 수과를 갖고 있고 외과피가 한 층의 책상조직으로 발달한 나머지 8종으로 구성된다. 이들중 그룹을 대표하는 *F. cymosum*과 *F. urophyllum*은 메밀속에서 흔히 나타나는 전형적인 이형화주 종이며, 타가수정 및 영년생 등의 특성을 가지고 있어 각 그룹의 원시형으로 추정하고 있다(Ohnishi와 Matsuoka, 1996). 따라서, 메밀속에 있어서 형질진화의 과정은 이형화주, 타가수정 및 영년생 형질을 가진 원시조상종으로부터 *cymosum*그룹과 *urophyllum*그룹이 평행진화하면서 각 그룹내에서 동형화주, 자가수정 및 일년생 형질이 공유파생형질로 진화했을것으로 추정할 수 있다.

이상의 과피 해부형태의 결과를 지금까지의 계통유연관계와 비교해 본 결과 매우 잘 일치하고 있으며, 과피 해부형태 형질도 계통분석을 위하여 이용할 수 있는 안정된 형질로 판단되었다. 앞으로의 연구는 현재까지 조사되지 않은 *F. callianthum*, *F. capillatum*, *F. homotropicum*, *F. lineare*, *F. pleioramosum*, *F. stative* 종의 염색체 연구가 행해져야 할 것이며, 아울러 ITS (Internal Transcribed Spacers)나 *matK* gene을 이용한 DNA sequence의 연구가 수행되어져 보다 객관적이며 보편타당한 메밀속의 계통유연관계의 확립이 요망된다.

메밀속 식물의 종간 계통유연관계의 이해를 돕기 위하여 12종 2아종에 대하여 과피 해부형태에 관한 연구가 행하여졌다. 조사된 종들의 과피 해부형태는 서로 비슷하였으며 형태적 차이는 외과피에 sclerotic cell의 발달 유무와 sclerotic cell의 모양에서 뚜렷하였다. 이러한 과피형태의 차이에 의해 메밀속은 세 분지군으로 분류할 수 있었다. 첫째 분지군은 *F. esculentum*, *F. esculentum* ssp. *ancestralis*, *F. homotropicum*으로 구성되고, 두 번째 분지군은 *F. tataricum*, *F. tataricum* ssp. *potanini*, *F. cymosum*으로, 세 번째 분지군은 *F. callianthum*, *F. capillatum*, *F. gracilipes*, *F. leptopodum*, *F. lineare*, *F. pleioramosum*, *F. statice*, *F. urophyllum*으로 분류되었다. 이러한 연구결과는 지금까지의 메밀속에 대한 계통유연관계의 결과와 일치하고 있으며, 과피 해부형태의 형질이 메밀속의 계통유연관계를 추정하는데 상당히 유용한 정보임을 시사한다. 한편, 메밀속내에서는 자가수정 형질과 동형화주 형질이 공유파생형질로 나타나고 있으므로, 자가수정 및 동형화주 형질을 갖는 종들은 타가수정 및 이형화주의 형질을 가지고 있는 종으로부터 진화했다고 추정된다.

謝 辭

본 연구는 1997년도 교육부 농업과학연구지원에 의해 수행되었음을 밝히며 이에 감사드립니다. 또한, 연구를 수행하는데 귀중한 재료를 제공해 주신 京都大學 농학부의 Ohnishi 박사님께 진심으로 감사의 뜻을 표합니다.

Campbell, C. G. 1995. Buckwheat, *Fagopyrum esculentum* (Polygonaceae). In Smartt, J. and Simmonds, N. W. (eds.), Evolution of Crop Plants. Longman Scientific & Technical Co., England, pp. 409-412.

Fahn, A. 1990. Plant Anatomy. 4th ed., Pergamon press, Oxford, pp. 489-512.

Murai, M. and Ohnishi, O. 1996. Population genetics of cultivated common buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench. X. Diffusion routes revealed by RAPD markers. Genes Genet. Syst. 71: 211-218.

Nakao, S. 1957. Transmittance of cultivated plants through Sino-Himalayan route. In H. Kihara (ed.), Peoples of Nepal Himalaya. Fauna and Flora Res. Soc., Kyoto, pp. 397-420.

Ohnishi, O. 1991. Discovery of the wild ancestor of common buckwheat. Fagopyrum 11: 5-11.

Ohnishi, O. and Matsuoka, Y. 1996. Search for the wild ancestor of buckwheat II. Taxonomy of *Fagopyrum*(Polygonaceae) species based on morphology, isozymes and cpDNA variability. Genes Genet. Syst. 71: 383-390.

Ono, T. 1995. *Fagopyrum*. In The World of Plants. Vol. 79. Asahi News Paper Co., Tokyo, pp. 203-205.

Schmid, R. and Turner, M. D. 1977. Contrad 70, an effective softener of the herbarium material for anatomical study. Taxon 26: 551-552.

Yasui, Y. and Ohnishi, O. 1996. Comparative study of *rbcL* gene sequences in *Fagopyrum* and related taxa. Genes Genet. Syst. 71: 219-224.