

현호색속(현호색과) 6종의 자성배우자체 발달과정

오병운*¹ · 장창기²

(*¹충북대학교 생명과학부, ²Institute of Botany, Vienna University)

현호색속 6종의 대배우자체 발달과정이 공초점현미경(LSCM)과 광학현미경으로 비교, 관찰되었다; 흰현호색, 왜현호색, 섬현호색, *Corydalis nobilis*, *C. solida*, *C. ophiocarpa*. 포원세포는 돌출된 주심조직의 단층 표피 밑에 존재하는 측벽세포의 최외곽층 세포들에서 하나가 기원하였으며, 직접 대포자모세포로서 작용하였다. 대포자모세포는 대포자발생과정을 통하여 연속적으로 2회 분열한 후 선상의 4분체가 되었으며, 이들 중 주공쪽의 3개는 퇴화하고 합점쪽의 1개만이 기능성 대포자로 발달하였다. 자성배우자체의 발달 유형은 단포자성, 마디풀형(*Polygonum* type)이었다. 개화 전 자성배우자체는 성숙하였고, 따라서 성숙된 배낭은 3개의 세포로 이루어진 난장치, 거대한 핵이 있는 3개의 대형 반쪽세포 및 2차핵이 존재하는 1개의 중앙세포로 구성되어 있었다. 반쪽세포 흡기는 반쪽세포의 정단에서부터 각각 발달되었으며, 주공쪽으로 신장되어 난장치와 접촉하였다. 2개의 조세포는 보통 퇴화된 상태로 관찰되었으며, 이때 반쪽세포 흡기의 정단은 퇴화된 조세포와 연결되었다. 7-세포성 자성배우자체의 발달과정상 특징은 조사된 모든 종에서 공통적이었으나, 배낭의 형태는 흰현호색, 섬현호색, *C. solida* 및 *C. ophiocarpa*에서는 난형이었으며, 왜현호색에서는 반곡형인 반면 *C. nobilis*에서는 다소 납작한 난형이었다. 또한 대포자낭의 유형은 모든 종에서 도생배주였으나 왜현호색에서는 만곡배주였다.

주요어 : 현호색속, 자성배우자체(대배우자체), 대포자발생과정, 대배우자체발생과정, 반쪽세포 흡기

현호색속(genus *Corydalis* DC.)은 현호색과(Fumariaceae-Fumarioideae-Corydaleae)에 속하는 식물군으로(Hutchinson, 1959; Smith, 1971; Cronquist, 1981), 주로 유럽, 아시아, 북미 등 북반구 온대지역에 약 300여 종이 분포한다. 인도 북부, 티벳 등

*교신저자 : 전화 : 043) 261-2296, 전송 : 043) 271-5787,
전자우편 : obutaxon@cbucc.chungbuk.ac.kr
(접수 : 2002년 11월 11일, 심사완료 : 2002년 11월 20일)

히말라야 산맥의 고산지대가 분포의 중심지로 알려져 있으며, 아프리카 동부의 산악지대에도 소수의 종이 생육한다(Hutchinson, 1921; Fedde, 1936; Melchior, 1964; Cronquist, 1981).

현호색속은 1년생, 2년생 또는 다년생 초본으로 꽃의 구조에 있어서 좌우상칭면이 하나이고(zygomorphic), 상측 외화피의 기부가 주머니모양으로 신장하여 거(spur)를 형성하며, 줄기가 덩굴성이 아닌 점 등으로 특징지워진다. 또한 열매 내에 많은 종자가 생기며, 종자에 지질색소체를 함유하는 유조직 덩어리(caruncle)가 부착되어 있고, 총상화서를 형성하는 특징 등으로 근연속인 금남화속(*Dicentra*), 덩굴며느리주머니속(*Adlumia*) 등과 차이가 난다(Lidén, 1986). 현호색속의 속하 분류체계는 Lidén (1986, 1993)에 의하여 정리된 바 있는데, 그는 본 속을 식물의 생육기간, 지하부 영양기관의 특징, 엽서, 생식기관의 형태적 특징을 바탕으로 아속과 아절의 구분 없이 모두 25절로 세분하였다.

현호색속 식물에 대한 발생학적 연구 결과는 매우 적으며, 그나마 대부분의 것이 배발달과정(embryogeny)에 대한 것이다. 즉, *C. cava* (L.) Schweigg. and Koert의 종자 내에는 유경(plumule), 유근(radicle), 자엽이 발달하지 않은 퇴화된 배(embryo)가 형성된다고 하였으나(Hegelmaier, 1878), 후에 *C. cava*의 종자산포시 형성되는 배는 전배(proembryo) 상태이고 성숙한 배는 종자산포 후 종자 내에서 후숙한다(Eames, 1961)는 것이 밝혀졌다. 또한 *C. cava*에서, 접합자의 분열로 형성된 정단세포의 덩어리는 세로로 갈라져 여분의 배(supernumerary embryo)를 만드는 것이 보고되었다(Lakshmanan and Ambegaokar, 1984). *C. lutea*에서는 확장된 기저세포(Cb)가 관찰되었는데, 이 기저세포는 수 차례의 유리핵 분열(free nuclear division)을 통하여 다수의 핵을 지니게 되나 세포벽은 형성되지 않았다(Souéges, 1946a,b; Wardlaw, 1955). 한편 배낭발달과정과 관련된 것으로는 *C. cava*와 *C. nobilis*에서 핵내재복제(endoreduplication, polytenization)에 의해 반측세포가 64n까지 배수체화됨이 보고되었을 뿐이다(Hasitschka-Jenschke, 1959).

본 연구에서는 현호색속 25절 중 형태적으로 뚜렷한 차이가 존재하는 3절 6종을 대상으로 자성배우자체(배낭) 발달과정을 연구하였으며, 발생학적 차이점에 대한 분류학적 의의를 고찰하였다.

재료 및 방법

1. 재료

실험에 사용된 재료는 다음과 같다.

(1) sect. *Corydalis*: 흰현호색(*C. albigetala* B. Oh), 왜현호색(*C. ambigua* Cham. et Schleht.), 섬현호색(*C. filistipes* Nakai), *C. solida* (L.) Clairv.

Table 1. Some specific taxonomic characters of six species of *Corydalis*.

Characters	Sect. <i>Corydalis</i>		Sect. <i>Capnogonium</i>	Sect. <i>Cheilanthisfolia</i>
	<i>C. albipectala</i>	<i>C. ambigua</i>	<i>C. nobilis</i>	<i>C. ophiocarpa</i>
	<i>C. filistipes</i>	<i>C. solida</i>		
Plant duration	perennial		perennial	perennial
Underground organ	solid tuber		rhizome	tap root
Flower color	white, red, blue		yellow	yellow
Flower apex	emarginate		acute	acute
Fruit shape	linear or fusiform		sterile	bladdery
Stigma	flattened		flattened	cylindrical
	roundish		roundish	geniculate
Stigma papillae No.	10-14		10-14	4

Table 2. Some specific embryological characters of six species of *Corydalis* in the development of megagametophyte.

Characters	Sect. <i>Corydalis</i>		Sect. <i>Capnogonium</i>	Sect. <i>Cheilanthisfolia</i>
	<i>C. albipectala</i>	<i>C. ambigua</i>	<i>C. nobilis</i>	<i>C. ophiocarpa</i>
	<i>C. filistipes</i>	<i>C. solida</i>		
Megasporogenesis				
Megaspore mother cell	directly originated from a archesporium			
Division of meiocyte	twice			
Megaspore formation	monosporic			
Megaspore position	chalazal end			
Megagametogenesis				
Division of megaspore	three times			
Functional nucleus	eight (3 antipodals, 2 polar nuclei, 1 egg, 2 synergids)			
Megagametophyte				
Embryo sac: type	polygonum			
shape	ovoidal except <i>C. ambigua</i> (reflexed)		rather flattened	ovoidal
size(LxW μ m)	120 \times 60 μ m in <i>C. albipectala</i> , 280 \times 170 μ m in <i>C. ambigua</i> , 300 \times 170 μ m in <i>C. filistipes</i>			
Nucellus: type	crassinucellate			
cell layer	two-layered			
Special feature	antipodal haustoria			
Megasporangium(ovule)				
Shape	anatropous except <i>C. ambigua</i> (campylotropous)			
Integument	bitegmic			
Micropyle formation	by inner and outer integuments			

(2) sect. *Capnogolium* (Bernh.) Endlicher. : *C. nobilis* (L.) Pers.

(3) sect. *Cheilanthifoliae* Lidén : *C. ophiocarpa* Hook and Th.

이들 중 *C. solida*, *C. nobilis*, *C. ophiocarpa*는 1992년 스웨덴의 Göteborg 식물원에서 채취한 것이고, 나머지는 한국의 자생지에서 수집하였다.

2. 방법

공초점현미경(LSCM)을 이용한 관찰

C. solida, *C. nobilis*, *C. ophiocarpa*에서 발달단계가 각기 다른 꽃을 FPA₅₀(formalin, propionic acid, 50% ethanol, 5+5+90)에 24시간 고정한 후, 70% ethanol에 보관하였다. 화부기관을 해체한 후 지방을 Herr's 4 \times clearing fluid(Herr, 1971)에 옮겼다. 2시간 후 투명해진 지방을 해부하여 적출된 배주를 슬라이드 위에 옮겼다. 투명화 용액(clearing fluid) 몇 방울을 떨어뜨린 후 덮개유리를 덮었으며, 배주가 큰 경우에는 덮개유리 2장을 붙인 Ray slide(Herr, 1971)를 사용하였다. 준비된 시료를 Sarastro/Molecular Dynamic Laser Scanning Confocal Microscope(LSCM)(Carlsson and Slund, 1987)을 이용하여 관찰하였으며, 이 과정에서 아무런 염색도 행해지지 않았다(Fredrikson *et al.*, 1988). 파장은 488nm를 사용하였으며, 주사된 상(scanned images)을 512x512 pixel로 분할한 후, LSCM을 통하여 1 μ m로 초점을 맞추어 연속된 상을 재구성하였다.

광학현미경을 이용한 관찰

공초점현미경에서 관찰되지 않은 자성배우자체의 각 단계를 관찰하기 위하여 흰현호색, 왜현호색, 섬현호색에서 각기 다른 발달단계의 지방을 적출하여 FAA에 고정하였고, TBA series를 거쳐 paraffin에 포매하였다. 7-10 μ m로 절단된 연속조직절편을 순서대로 슬라이드에 부착한 후 1% safranin-fast green으로 이중염색하여 발달과정 및 성숙한 자성배우자체를 관찰하였다.

결과 및 고찰

대포자발생과정(Megasporogenesis)

손가락 모양의 돌기 조직이 지방벽의 좌우 태좌에서 발생하여 단층의 표피로 둘러싸인 중심조직(nucellus)으로 성장하였다. 포원세포(archesporium, ARP)는 돌출된 중심조직의 단층 표피 밑에 존재하는 측벽세포(parietal cell)의 최외곽층 세포에서 하나가 기원하였으며(Fig. 1), 병충분열(periclinal division)하여 포원세포를 내부로 밀어 넣어 주었다. 포원세포는 직접 대포자모세포(megaspore mother cell, MMC; megasporocyte)로서 작용하였고, 대포자모세포는 중심조직의 윗부분인 단층의 표피와 단층의 측벽세포 아래에

Figs. 1-6. Development of megasporogenesis of *Corydalis* species(1: *C. solida*, 2-6: *C. nobilis*)

1: The archesporial cell (ARP) originated from a parietal cell is situated beneath the one-layered epidermal cells. 2: Sunken MMC by division of a arche-sporium is positioned in the upper part of nucellus. 3: Cell division of MMC in the central part of nucellus. 4: Inner and outer integuments (II and OI) arise from the base of homogeneous nucellar tissue. 5: Diad stage of megasporogenesis (diad cells; arrow). 6: Three degenerated non-functional megaspores (NM) at the micropylar end of nucellus. Only one of the tetrad develops into functional megaspore (FM) at the chalazal end.

ARP: archesporial cell, MMC: megaspore mother cell, MCY: meiocyte, II: inner integument, OI: outer integument, NM: non-functional megaspores, FM: functional megaspore

위치하였다(Fig. 2). 대포자모세포는 중심조직의 중앙부에서 감수분열을 시작하였으며(Fig. 3), 제1분열 후 바로 세포벽이 형성되어 2분체(diad)가 되었다(Fig. 5). 제2분열 후 선상의 4분체(tetrad)가 되었으나, 이들 중 주공쪽의 3개는 퇴화하였고 합점쪽의 1개만이 기능성 대포자(functional megaspore)로 발달하였다(Fig. 6).

대포자모세포가 감수분열을 시작할 때 중심조직의 기부에서 2개의 표피가 융기하기 시작하였으며(Fig. 2, 3; 화살표), 내주피(inner integument, II)가 먼저 외주피(outer integument, OI)가 나중에 발생하였다(Fig. 4). 발달 초기의 주피는 2층의 세포로 조직이 구성되어 있었으나, 발달이 진행되면서 3층으로 분화하였으며, 외주피의 성장속도가 내주피 보다 더 빨랐다.

중심조직의 유형은 중심의 정단부에서 중심 표피와 측벽세포 등 2층의 조직이 대포자모세포를 감싸는 후층성(crassinucellate)이었으며, 이러한 상태는 성숙한 자성배우자체에 까지 지속되었다.

현호색속의 대포자발생과정은 단포자성(monosporic)에서 나타나는 매우 전형적인 양상을 보였으며(Johri, 1984; Bhojwani, 1999), 조사된 분류군들에서 종 또는 절을 구분할 수 있는 차이점은 관찰되지 않았다.

대배우자체발생과정(Megagametogenesis)

대포자는 성숙 중인 배낭의 중앙부에서 유사분열을 진행하여 2개의 세포로 분할하는데, 액포의 팽창으로 인하여(Bhojwani, 1999) 하나는 합점쪽(chalazal end)에 다른 하나는 주공쪽(micropylar end)에 위치하였다(Fig. 7-9). 각각의 세포는 재차 분열하여 주공과 합점쪽에 각각 1쌍씩 모두 4개의 핵을 갖는 배낭으로 발달하였다(Fig. 10-12). 이들은 다시 1회 분열하여 합점쪽에 4개(Fig. 13), 주공쪽에 4개(Fig. 14, 15)의 핵을 만들어 8핵성 배낭이 되었다. 개화 전 자성배우자체는 성숙하였고, 성숙과정에서 극핵 2개는 융합하여 1개의 중앙세포(central cell; CC)로 발달하였다. 따라서 성숙된 배낭에는 거대한 핵이 있는 3개의 대형 반쪽세포(antipodals; ANT)가 합점쪽에 발달하였고(Fig. 16), 2차 핵이 존재하는 1개의 중앙세포가 반쪽세포와 접촉하고 있었으며(Fig. 16), 난세포(egg cell; EG) 1개와 조세포(synergids; SYN) 2개로 이루어진 난장치(egg apparatus)는 주공쪽에서 관찰되었다(Fig. 17, 18). 또한 퇴화된 조세포에는 반쪽세포 흡기(antipodal haustoria; AH)가 접촉되어 있었다(Fig. 17, 18). 결국 배낭의 발달은 단포자성(monosporic)인 마디풀형(*Polygonum* type)과 동일한 과정을 거쳐 이루어졌다.

조사된 현호색속 6종의 대배우자체발생과정 중 가장 특이한 현상은 거대한 핵을 갖는 반쪽세포의 형성이었다. 많은 과에서 반쪽세포는 작을 뿐만 아니라 흔히 자성배우자체의 성숙 전이나 후에, 또는 수정 후에 퇴화한다. 그러나 일찌기 Osterwalder(1898)와 Huss(1906)는 단핵성 반쪽세포의 뚜렷한 발달과정에 대해 언급한 바 있다. D'Amato(1952)는 *Aconitum napellus*, *Papaver heldreichii* 및 *Hypecoum procumbens*의 반쪽세포 거대핵에서 이질염색질의 출현을 보고하였으며, 이러한 이질염색질의 출현은 염색체의 핵내재복제(endoreduplication, polytenization)가 원인이라고 하였다. 한편 Hasitschka-Jenschke(1959)는 *C. cava*와 *C. nobilis*에서 핵의 부피를 비교 측정하여 반쪽세포의 거대핵이 64n

Figs. 7-18. Development of megagametogenesis and mature embryo sac of *Corydalis specis* (*C. solida*)

7-9: Serial sections of two nucleated embryo sac. One cell is positioned in the micropylar end (7, 8; arrow), and the other in the opposite site (7, 9; arrow) by the expansion of vacuoles after mitotic division of megaspore. 10-12: Serial sections of four nucleated embryo sac. Two pairs of nuclei are also developed in each opposite site (arrow). 13-15: Eight nucleated stage of megagametogenesis in the same embryo sac. Each set of four nuclei is positioned respectively at the chalazal (13; arrow) and micropylar end (14-15; arrow). 16-18: Successively sectioned mature embryo sac. It complies three large antipodals and a central cell which are situated at the chalazal end of embryo sac, and three-celled egg apparatus at the micropylar end. The giant nucleus is observed in each antipodal cell (ANT), and the central cell having a fused polar nucleus (PN) is closely contacted with the antipodals (16). The large egg cell is positioned on the lowest wall of nucellus (17), and two synergids being degenerated after fertilization at both sides of egg cell (18). Antipodal haustoria (AH) are connected with two degenerated synergids (17, 18).

ANT: antipodal, CC: central cell, EG: egg cell, SYN: synergid cell, AH: antipodal haustorium

의 배수체임을 보고하였다. 이와 같이 이번 조사에서 관찰된 6종의 반쪽세포 거대핵도 핵내재복제에 의해 이에 준하는 핵상을 가진 것으로 생각되나 확실한 언급을 위해서는 세밀한 조사가 더 필요할 것으로 생각된다.

한편 3번째 유사분열 직후 형성된 8핵성 배낭에서, 배낭 양단에 존재하는 각각 4개의 핵 중 양쪽에서 하나씩 중앙으로 이동하여 2개의 극핵이 되는 과정, 극핵이 융합하여 단핵성 중앙세포로 발달되는 과정 및 반쪽세포가 크게 팽창하고 극도로 배수체화 되는 과정 등은 정확히 관찰되지 않았다.

자성배우자체(Megagametophyte)

성숙된 자성배우자체는 7-세포성 배낭과 이를 둘러싸는 주심조직으로 구성되어 있었다 (Fig. 19).

주심(Nucellus): 주심조직의 주공쪽 1/3은 2열의 세포로 구성되는데 반하여 나머지 2/3는 합점쪽으로 갈수록 조직이 점점 두꺼워졌다(Fig. 19, 20). 주심조직의 바깥쪽 2열의 세포는 상하로 신장된 벽돌모양이었으며, 세포의 크기는 주공쪽으로 갈수록 커졌으며, 세포질이 농밀하여 주변의 조직보다 짙게 염색되었으나 역시 주공쪽으로 갈수록 그 정도가

Figs. 19-25. Mature embryo sac of *Corydalis* species (19, 20: *C. albipetala*, 21, 22: *C. ambigua*, 23-25: *C. filistipes*)

19: Longitudinal section of mature ovule (a: embryo sac, b: nucellus, c: inner integument, d: outer integument, e: chalaza, f: aril, g: funiculus, h: placenta) 20: Enlarged embryo sac of *C. albipetala*; antipodal haustoria are developed from the apex of each antipodal cell, and extended toward micropylar end to connect with the degenerated synergids (small arrows). 21: Curved embryo sac shown in *C. ambigua*; hypostase which have cutinized cell walls is developed at the base of synergids in chalaza. Antipodal haustoria (small arrows) elongated toward egg apparatus, and central cell is contacted with a antipodal cell and its haustorium. 22: Antipodal haustoria comprised many multinucleate cells (small arrows), each with 1-4 nuclei. Each cell wall remains incomplete, so makes it possible to leave protoplasmic continuities between adjacent cells. 23: Antipodal haustoria (small arrows) are connected between antipodals and an egg cell in *C. filistipes*. 24: Egg cell with a prominent nucleus 25: Enlarged antipodal cell with vermiform nucleus

ANT: antipodal, CC: central cell, SYN: synergid, HS: hypostase, AH: antopodal haustorium, EG: egg cell, AN: antipodal nucleus

열어졌다(Fig. 19, 20, 23, 24). 또한 합점의 반쪽세포 기부에는 세포벽에 큐틴질이 침적된 하위세포군(hypostase; HS)이 형성되어 있었다(Fig. 21).

반쪽세포(Antipodals): 성숙된 배낭에서 합점쪽 중심조직에 부착되어 있는 3개의 반쪽세포는 세포가 크게 신장하고 세포질이 주공쪽으로 집중 분포함으로써 늘어진 주머니 모양을 띠었으며, 팽창되어 늘어진 부분의 중앙에 거대한 핵이 위치하였다(Fig. 19, 20, 21). 한편 핵의 아래인 반쪽세포의 주공쪽 정단부는 다수의 크고 작은 액포가 분포됨으로써 극성을 보였으며(Fig. 20), 활성화되어 있는 반쪽세포의 핵은 불규칙한 형태를 띠거나 벌레모양이었다(Fig. 25).

배낭의 빈 공간에는 반쪽세포의 정단에서 각각 발달된 반쪽세포 흡기(antipodal haustoria; AH)가 관찰되었다(Fig. 20-23; 작은 화살표). 흡기는 주공쪽으로 신장되어 난장치와 접촉하는데, 이때 2개의 조세포는 보통 퇴화된 상태였으며, 반쪽세포 흡기의 정단은 퇴화된 조세포와 연결되었다(Fig. 20; 작은 화살표). 흡기는 1-4개의 핵이 존재하는 다수의 다핵성 세포들로 이루어져 있으나(Fig. 22), 각 세포의 세포벽은 불완전하여 이웃 세포와의 세포질 연락이 가능한 상태를 유지하고 있었다.

중앙세포(Central cell): 2개의 극핵이 융합하여 형성된 중앙세포는 뚜렷한 핵과 적은 양의 세포질을 지니고 있었으며(Fig. 20), 아무런 극성을 보이지 않았다. 중앙세포는 반쪽

세포의 정단 기부에 부착되어 있거나 반쪽세포 주변의 중심조직 측벽에 위치하였으며, 반쪽세포 흡기와 접촉되어 있었다(Fig. 21, 22).

난세포(Egg cell) : 기부가 다소 좁아지는 도란형 또는 구형이며, 핵은 매우 뚜렷하였고 중앙의 약간 아래쪽에 위치하였다. 난세포의 합점쪽 정단부는 다수의 액포가 존재함으로써 극성을 보였다(Fig. 23, 24).

조세포(Synergids) : 성숙배낭에서 흔히 주공쪽이 넓고 그 반대편이 좁아진 퇴화된 상태로 관찰되었다. 세포질은 농밀한 상태로서 매우 진하게 염색되었으며 이때 핵은 명확히 관찰되지 않았다(Fig. 20).

다핵성 세포질(multinucleate protoplasm, syncytium)과 같은 상태의 반쪽세포 흡기는 반쪽세포가 다배체화를 통하여 DNA 양을 크게 증가시키는 점으로 미루어 보아 반쪽세포에서 합성된 또는 적어도 주병(funiculus) 내의 유관속에서 하위세포군을 거쳐 반쪽세포로 유입된 영양분을 퇴화된 조세포를 통하여 난세포로 이동시키는 통로의 역할을 담당할 것으로 생각되었다. 그러나 3개의 흡기가 2개의 퇴화된 조세포에(또는 난세포를 포함한 3개의 난장치 구성요소에) 어떻게 부착되는지는 명확하게 관찰되지 않았으므로 앞으로 더욱 세밀한 조사가 필요한 부분이라고 생각된다.

7-세포성 자성배우자체가 발달하는 과정은 조사된 모든 종에서 공통적이었다. 그러나 배낭의 형태는 흰현호색, 섬현호색, *C. solida* 및 *C. ophiocarpa*에서는 난형이었으며, 왜현호색에서는 반곡형인 반면 *C. nobilis*에서는 다소 납작한 난형이었다. 이러한 결과는 절간 또는 종간에 다양한 배낭 형태가 존재할 것임을 암시하는 것이라고 생각되었다. 또한 배낭의 크기는 흰현호색에서 길이x폭이 약 120x60 μ m, 왜현호색이 280x170 μ m, 그리고 섬현호색이 300x170 μ m로 측정되었으므로, 현호색속의 다양한 절이나 종에서 배낭의 크기는 종간에 매우 다양한 차이점이 있을 것으로 생각된다.

대포자낭(megasporangium, ovule)의 유형은 모든 종에서 2주피성(bitegmic) 도생배주(anatropous)였으나 왜현호색에서는 만곡배주(campylotropous)였다. 한편 *C. nobilis*에서 정상적인 자성배우자체가 발달되지 않는 경우도 관찰되었는데, 이는 본 종이 종자 결실을 정상적으로 수행하지 못한다는 사실을 고려할 때, 이질배수체에 의해 기원된 식물일 가능성도 추론해 볼 수 있다.

따라서 조사된 현호색속 2절 6종의 자성배우자체 발달과정에서 관찰된 특징들은 각각의 절이나 종을 뚜렷하게 구분시켜주지는 못하였으나, 배주의 유형, 배낭의 형태 및 크기에 있어서 일부 종간에 차이가 존재하였으므로 나름대로 의의가 있다고 생각된다. 또한 현호색속 25절의 대표적인 종들을 모두 조사할 경우, 발생학적 형질들의 다양성은 보다 높아질 것이라고 생각된다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 자생식물이용기술개발사업단의 연구비지원 (과제번호 PF001302-00)에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- Bhojwani, S. S. 1999. The Embryology of Angiosperms. Vikas Publishing House Pvt Ltd. New Delhi.
- Carlsson, K. and N. Åslund. 1987. Confocal Imaging for 3-D Digital Microscopy. Applied Optics 26: 3232-3238.
- Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plant. Columbia Univ. Press, New York.
- D'Amato, F. 1952. Polyploidy in the differentiation and function of tissues and cells in plants. A critical examination of the literature. Caryologia 4: 311-358.
- Eames, A. J. 1961. Morphology of the Angiosperms. McGraw-Hill, New York.
- Fedde, F. 1936. Papaveraceae. In Die Natürlichen Pflanzenfamilien. Engler, A. and Prantle K. (eds.), 17b. Leizig. Pp. 5-145.
- Fredrikson, M., K. Carlsson and O. Franksson. 1988. Confocal scanning laser microscopy, a new technique used in an embryological study of *Dactylorhiza maculata* (Orchidaceae). Nordic Journal of Botany 8: 369-374.
- Hasitschka-Jenschke, G. 1959. Vergleichende karyologische untersuchungen an antipoden. Chromosoma 10: 229-267.
- Hegelmaier, F. 1878. "Vergleichende Untersuchungen über die Entwicklung dikotyledoner Keime mit Berücksichtigung der Pseudo-monokotyledonen." Stuttgart.
- Herr, J. M. 1971. A new clearing squash technique for the study of ovule development in angiosperms. American Journal of Botany 58: 785-790.
- Huchinson, J. 1921. The genera of Fumariaceae and their distribution. Kew Bull. Misc. Inf. 1921: 97-115, 7f.
- _____. 1959. The Families of Flowering Plants, 2nd ed. Vol. 1. Clarendon Press, Oxford.
- Huss, H. A. 1906. Beiträge zur morfologie und physiologie der antipoden. Botanisches Centralblatt 102: 436-438.

- Johri, B. M. 1984. Embryology of Angiosperms. Springer-Verlag, Berlin, New York.
- Lakshmanan K. K and K. B. Ambegaokar. 1984. Polyembryony. *In* Embryology of angiosperms. Springer-Verlag, Berlin, New York.
- Lidén, M. 1986. Synopsis of Fumarioideae (Papaveraceae) with a monograph of the tribe Fumarieae. *Opera Bot.* 88:1-133.
- _____. 1993. Fumariaceae. *In* The Families and Genera of Vascular Plants II. Springer, Berlin, Heidelberg. Pp. 310~318.
- Lidén, M. and H. Zetterlund. 1988. Notes on the genus *Corydalis*. *Quarterly Bulletin of the Alpine Garden Society* 56:146-169.
- Melchior, H. 1964. A Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien II. 12th ed. Gebrüder, Borntraeger, Berlin.
- Osterwalder, A. 1898. Beiträge zur Embryologie von *Aconitum napellus* L. *Flora* 85:254-292.
- Smith, A. C. 1971. An appraisal of the orders and families of primitive extant angiosperms. *J. Ind. Bot. Soc., Golden Jubilee* 50A:215-226.
- Souéges, E. C. R. 1946a. Embryogénie des Fumariacées. Développement de l'embryon chez le *Corydalis lutea* DC. *Compt. Rend. Acad. des Sci. Paris* 222:161-163.
- _____. 1946b. Embryogénie des Fumariacées. La différenciations des régions fondamentales du corps chez le *Corydalis lutea* DC. *Compt. Rend. Acad. des Sci. Paris* 222:253-255.
- Wardlaw, C. W. 1955. Embryogenesis in Plants. Methuen and Co. Ltd., London.

Development of Female Gametophyte of Six Species of *Corydalis* (Fumariaceae)

Oh, Byoung-Un^{1*}, Chang-Gee Jang²

¹School of Life Science, College of Natural Science, Chungbuk National University, Gaesindong san 48, Cheongju-shi 361-763, Korea,

²Department of Evolution and Systematics in Higher Plants, Institute of Botany, Vienna Univ., Rennweg 14, A-1030, Wien, Austria

The development of the female gametophyte of *Corydalis albipetala*, *C. ambigua*, *C. filistipes*, *C. nobilis*, *C. solida*, *C. ophiocarpa* have been comparatively investigated using laser scanning confocal microscope (LSCM) and light microscope. An archesporium was originated from one of the outmost parietal cells beneath the one-layered epidermis of protuberant nucellus, and acted directly as a megaspore mother cell (MMC). These species had linear tetrads after successional meiotic division during the megasporogenesis. A functional megaspore developed from one of the tetrad in the chalazal end, and the rest three being degenerated. The developmental type of the female gametophyte was monosporic in accordance with the *Polygonum* type. Prior to anthesis the female gametophyte was organized. So mature embryo sac was comprised a three-celled egg apparatus, three large antipodals with giant nuclei and a central cell with secondary nucleus. Antipodal haustoria were developed from the apex of each antipodal cell, and extended toward micropylar end to be contacted with egg apparatus. Two synergids were usually observed as degenerated condition, and in this time the apices of antipodal haustoria were connected with the degenerated synergids. The developmental characteristics of seven-nucleate female gametophytes were common in all the species investigated. But the shape of mature embryo sac was ovoidal in *C. albipetala*, *C. filistipes*, *C. ophiocarpa* and *C. solida*, reflexed in *C. ambigua*, and rather flattened ovoidal in *C. nobilis*. Also, the type of megasporangium was anatropous in all the species except *C. ambigua* with campylotropous ovule.

Keywords: genus *Corydalis*, female gametophyte (megagametophyte), megasporogenesis, megagametogenesis, antipodal haustorium

*Corresponding author : Phone : +82-43-261-2296, FAX : +82-43-271-5787,
e-mail : obutaxon@cbucc.chungbuk.ac.kr