

당근의 체세포배로부터 발생한 이상자엽 유식물의 유관속 조직의 구조적 특성

홍성식 · 소웅영¹

전남대학교 사범대학 생물교육과, ¹전북대학교 자연과학대학 생물과학부

Structural Characteristics of Vascular Tissue in Carrot Seedlings with Anomalous Cotyledon Developed from Somatic Embryos

HONG, Sung Sik · SOH, Woong-Young

Department of Biology Education, Chonnam National University, Kwangju, 560-757, Korea: and

¹Department of Biological Sciences, Chonbuk National University, Chonju, 560-756, Korea

The somatic embryos of *Daucus carota* L. cv. Hongshim developed in MS basal medium for 4 weeks had varied number of cotyledons. Palisade and spongy parenchyma of cotyledon were not clearly discriminated in all seedlings developed from the embryos. No independent existence of collateral vascular bundle was observed in all seedlings with various types of cotyledon ; instead, vascular bundles were either interconnected or partially connected with one another. Most of the cotyledonary bases on hypocotyl showed short cylinder structure which encircle plumule. The vascular tissues of cotyledonary bases and nodes of seedlings with jar-shaped or 1 cotyledon were connected in ring forms, showing the pattern of ectophloic shiphonostele, and similar ring form structure was also found in the vascular arrangement of 5 cotyledon seedlings. The vascular bundles of seedlings with 2, 3 and 4 cotyledons in many cases had independently arranged within the cotyledonary bases and nodes, showing the pattern of eustele. In hypocotyl, tetrarch or hexarch xylems prevailed in seedlings with jar-shaped cotyledon or 1 and 5 cotyledon; tetrarch xylems prevailed in 2 cotyledon seedlings; and triarch xylems prevailed in 3 cotyledon seedlings. In most of seedlings, cortex vascular bundles were dispersed in the region from cotyledonary node to hypocotyl, but double vascular bundles were also observed occasionally. In roots, diarch xylems were observed in most of seedlings with 2 cotyledons, triarch xylems in half of seedlings with 3 cotyledons, and diarch xylems in most of the remaining seedlings with the occasional occurrences of tetrarch xylems.

Key word: abnormality, anatomy, cotyledon, *Daucus carota*, somatic embryo

식물조직배양법은 체세포배 발생을 거쳐서 식물체를 재생시키는 등 식물발생학의 획기적인 발전에 크게 기여하였고 체세포배의 생산은 인공종자의 개발을 가능하게 하였다. 체세포배는 접합자배와 동일한 것으로 간주되어 왔으나 외부 형태적인 면에서 특히 자엽의 구조에서 차이가 있는 것으로 확인되었다(Ammirato, 1974; Buchheim et al., 1989; Kageyama et al., 1990; Lee and Soh, 1993a,b; Choi et al., Cho and Soh, 1995; Soh et al., 1996). 체세포배 발생과정에서 상당히 높은 빈도로 이상형태의 배가 관찰되는데, 주로 자엽의 숫적인 변이가 당근을 비롯한 상당수의 식물에서 보고된 바 있다(Kamada and Harada, 1979; Ammirato, 1983,

1987, 1989; Soh et al., 1996).

대체로 체세포배의 발아율은 접합자배보다 훨씬 낮으며(Soh, 1993; Wetzstein and Baker, 1993), 또한 체세포배의 구조가 발아에 밀접하게 관련된다는 사실이 밝혀졌다(Nickle and Yeung, 1993; Soh, 1993; Lee and Soh, 1993a,b; Wetzstein and Baker, 1993; Burns and Wetzstein, 1995). 따라서 체세포배와 그로부터 발아된 유식물의 해부학적인 연구에 대한 필요성에 관심이 집중되고 있다. 당근의 체세포배에 대한 해부학적인 관찰은 이미 이루어진 바 있으나(Soh et al., 1966) 이전의 연구는 유관속이 미분화된 배에 국한되었기 때문에 유관속이 분화된 유식물과 관련지은 해부학적

인 관찰이 필요하게 되었다.

본 연구는 2자엽 체세포배를 포함한 자엽 수의 변이 유식물의 기관 부위별 유관속 구조에 대한 해부학적인 관찰 결과와 자엽변이 접합자배의 유식물 구조는 별도의 연구에서 상세히 관찰된 결과(Kim et al., 1997)와 비교하면서 체세포배의 유관속 조직구조에 대한 깊이있는 이해를 위하여 시도되었다.

재료 및 방법

홍신품종 당근(*Daucus carota* L. cv. Hongshim)의 캘러스를 1mg/L 2,4-D가 첨가된 MS (Murashige and Skoog, 1962) 배지에서 2주간 배양하다가 이전의 연구에서와 같은 방법으로 MS 기본배지에 계대배양하여 체세포배를 발생시켰으며(Soh et al., 1996) 이 배를 MS 액체기본배지에 옮긴 후, 100 rpm으로 rotary incubator (HB - 201SL Hanback Scientific Co.)내에서 4주간 현탁배양하였다. 배양조건은 16시간 광주기(25 $\mu\text{mol/s}\cdot\text{m}^2$)하에서 25°C로 조절되었다. 상기 조건하에서 자란 유식물들은 약 2.5-4 cm(자엽 3-4 mm, 배축 15-25 mm, 뿌리 5-10 mm)정도 자란 것만을 채취하여(Fig. 1A) 자엽의 유형별로 주발형 자엽, 1자엽, 2자엽, 3자엽, 4자엽 및 5자엽개체로 구분하여 각각 10개체씩 자엽, 자엽절, 배축 그리고 뿌리 부위로 절단하여 2배로 희석한 FAA액에 고정하고 paraplast에 매몰시켜 횡단면 연속절편으로 영구조직 표본을 제작하여 관찰하였다.

결 과

당근의 체세포배 발생에서 자엽의 유형에 따른 출현 빈도는 2자엽 63%, 1자엽 5%, 3자엽 21%, 4자엽 6%, 5자엽 5% 및 주발형 자엽 1%로 밝혀진 바 있다(Soh et al., 1996). 체세포배로부터 자란 여러 가지 유형의 자엽을 가진 유식물의 부위별 해부학적 관찰 결과, 자엽의 엽육은 책상조직과 해면조직의 구분이 뚜렷하지 않았다(Fig. 1B, 2A, 3A, 3E, 4A, 4D).

주발형 자엽배

자엽은 두꺼운 원통상이며, 유관속은 안쪽에 치우쳐 배열되어 있다. 유관속의 배열은 독립된 병립유관속과 병립유관속들이 부분적으로 연결된 형태가 혼재하거나(Fig. 1B) 병립유관속들이 모두 연결되어 환상을 이루기도 한다. 자엽기부는 자엽상부에서와 같은 원통상 구조이며, 유관속은 환상 또는 말굽형을 이루고, 환상일 경우 외사 관상중심주의 형태로 나타난다. 자엽절에서 유관속의 배열은 그대로 자엽의

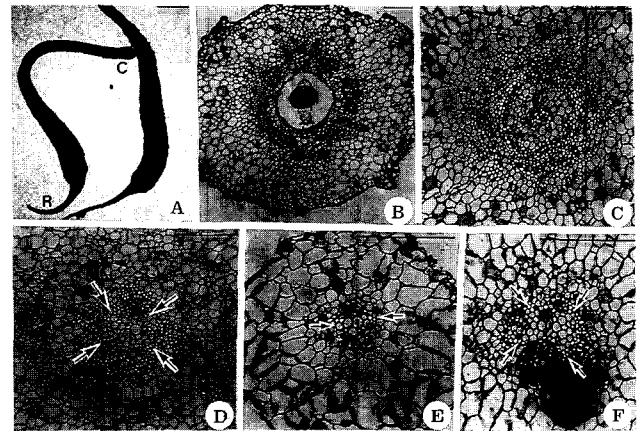


Figure 1. Seedlings of somatic embryo of *Daucus carota* and transverse sections of seedlings with jar-shaped cotyledon. A. Seedlings grown for 4 weeks in MS liquid basal medium had enlarged cotyledon (C) and developing root (R). bar=2 cm. B. Collateral vascular bundles in cotyledon were partially connected with one another. Palisade and spongy parenchyma of cotyledons were not clearly discriminated in seedlings. C. Vascular bundles in cotyledonary node of seedling were ring form and ectophloic shiphonostele. D. Hypocotyl of seedling showing tetrarch xylems (arrows) and cortical vascular bundles (arrowheads). E. Roots in most seedlings showing diarch xylems (arrows). F. Tetrarch xylems in some roots were infrequently observed. Arrows indicate xylem poles. bars = 100 μm .

유관속으로 서로 연결되고 환상(Fig. 1C) 또는 말굽형을 이루고 있다. 환상의 경우 안쪽이 목부, 바깥쪽이 사부로 외사 관상중심주의 형태를 보인다. 유관속의 전이는 자엽절과 배축 상부에서 급격하게 일어난다. 이러한 유관속은 좀더 중심적인 방향으로 자리잡게되고 배축에서 그 구조가 다소 애매한 4-6원형의 목부를 이루며, 피층에는 피층유관속들이 산재한다(Fig. 1D). 뿌리에서는 주로 2원형의 목부가 관찰되는데(Fig. 1E), 이는 유관속이 배축기부를 지나면서 목부와 사부가 융합되거나 소멸된 결과이며, 드물게 4원형 목부도 나타난다(Fig. 1F).

1자엽배

주발모양 자엽을 기준으로 볼 때 자엽의 선단부에서 기부까지 한쪽이 갈라져 있기 때문에 횡단면에서 두꺼운 말굽형으로 나타난다. 자엽의 유관속은 중앙부에 병립 유관속이 서로 연결되어 말굽형을 이루거나(Fig. 2A), 부분적으로 병립유관속이 독립되어 있는 경우도 있다. 자엽기부의 원통상 구조는 약 1 mm정도의 높이이며, 그 유관속은 말굽형이거나 환상을 이루고 있으며, 주된유관속 주위에는 작은 유관속들이 분포하고 있다(Fig. 2B). 자엽절에서 유관속은 5-6개 정도의 병립 유관속이 독립 또는 부분적으로 연결되어 있으며, 주위에는 피층 유관속이 존재한다(Fig. 2C). 배축에서 유관속은 4-6원형 목부의 구조를 보이며, 피층에는 작은 피

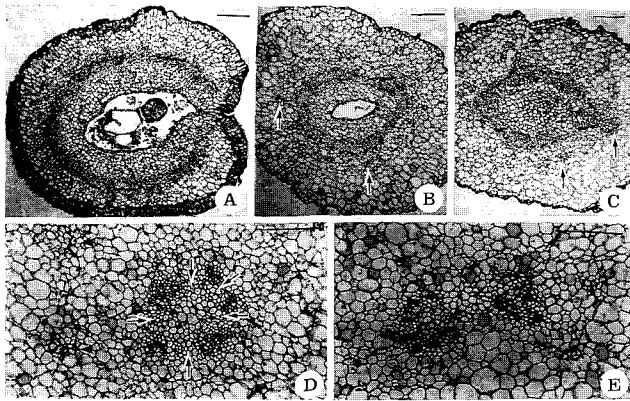


Figure 2. Transverse sections of seedlings with 1 cotyledon. A. Cotyledon of seedling showing vascular arrangement like horse shoe form. B. Cotyledonary base of seedling showing vascular arrangement of ring form in cylindrical structure. Arrows indicate small vascular bundles. C. Vascular bundles connecting with one another in cotyledonary node. Arrows indicate cortical vascular bundles. D. Pentarch xylems (arrows) and cortical vascular bundles (arrowheads) in lower hypocotyl. E. Double vascular bundles in upper hypocotyl. bars = 100 μ m.

층 유관속이 산재되어 있다(Fig. 2D). 피층 유관속은 배측 기부로 내려가면서 나타나지 않게 된다. 배측에서 4-6원형 목부는 배측 기부를 지나 뿌리기부에 도달하는 과정에서 인접된 목부의 유합과 목부 사이에 있는 사부의 소멸 또는 목부와 사부의 소멸결과 주로 2 원형 목부를 이루고, 드물게 3-4원형 목부도 관찰된다. 배측 상부에서 유관속이 분리되어 때로는 유관속이 이중으로 형성되기도 하며(Fig. 2E), 이는 배측 기부까지 유지되기도 한다.

2자엽배

자엽의 크기는 대개 2개가 비슷하지만 차이가 나는 경우도 있다. 자엽이 작고 얇은 경우는 5-7개의 병립 유관속이 비교적 독립적으로 분포하는 경향을 보이고, 각 자엽내의 유관속의 수는 일치하지 않으며(Fig. 3A), 크고 두꺼운 경우는 1자엽에서와 같이(Fig. 2A) 유관속이 서로 연결되어 존재한다. 자엽기부에는 역시 약 1 mm 높이의 원통상 구조를 이루고 있으며, 유관속의 배열은 독립적으로 분포하는 경우에 대개 8개의 유관속이 환상으로 배열되고(Fig. 3B), 서로 연결된 경우는 1자엽에서와 같이(Fig. 2B) 말굽형이나 환상을 이룬다. 자엽절에서 유관속은 8개로 분리된 경우가 많고 주위에 피층 유관속이 존재한다(Fig. 3C). 배측에서 유관속은 3-5원형의 목부가 관찰되지만, 주로 4원형 목부가 많으며(Fig. 3D), 주위에 피층 유관속이 존재한다. 배측에서 4원형 목부는 배측기부를 지나면서 유합되어 뿌리에서 주로 2원형 목부를 이루게 되고, 때로는 3-4원형 목부도 나타난다. 배측에서 뚜렷한 3원형 목부를 구성할 경우 뿌리에서도 3원형 목부를 이루는 것이 보통이다. 2자엽배에서도 자엽절로

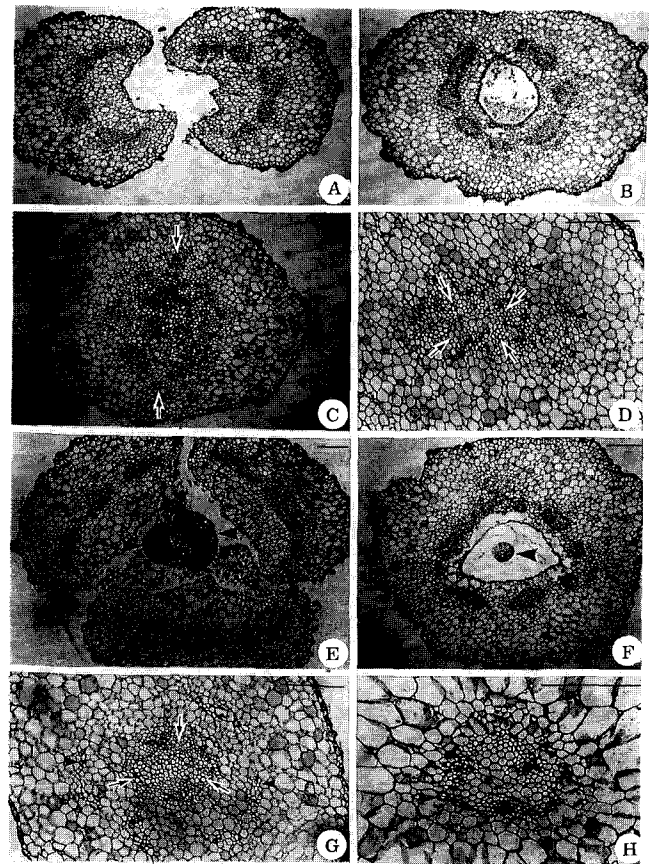


Figure 3. Transverse sections of seedlings with 2 (A-D) and 3 (E-H) of cotyledons. A. Vascular bundles of seedling with two cotyledons were either separated or partially connected with one another. B. Cotyledonary base of seedling with 2 cotyledons showing cylinder form. C. Cotyledonary node of seedling with 2 cotyledons shown 8 separating vascular bundles. D. Hypocotyl shown tetrarch xylems (arrows) and cortical vascular bundles (arrowheads). E. Cotyledons of seedling with three cotyledons shown vascular arrangement separating or partially connecting with one another. Leaf primordia (arrowheads) on shoot apex were observed in central portion. F. Cotyledonary base of seedling had also cylinder form, and vascular arrangement separated 9 vascular bundles. Shoot apex (arrowhead) observed in central portion. G. Hypocotyl of seedling showing triarch xylems (arrows) and cortical vascular bundles (arrowheads). H. Root of seedling had triarch xylems. bars = 100 μ m.

부터 배측에 걸쳐 유관속이 이중으로 분포된 경우가 관찰되기도 한다.

3자엽배

자엽은 3개로 분리되어 있고, 크기는 거의 같거나 차이가 나기도 한다. 자엽내의 유관속은 서로 연결되거나 독립되어 있다(Fig. 3E). 자엽기부는 역시 약 1 mm 높이의 원통상 구조를 이루고 있으며 대부분의 경우에 유관속은 9개 정도의 병립 유관속이 대부분 독립되어 배열되지만(Fig. 3F), 일부

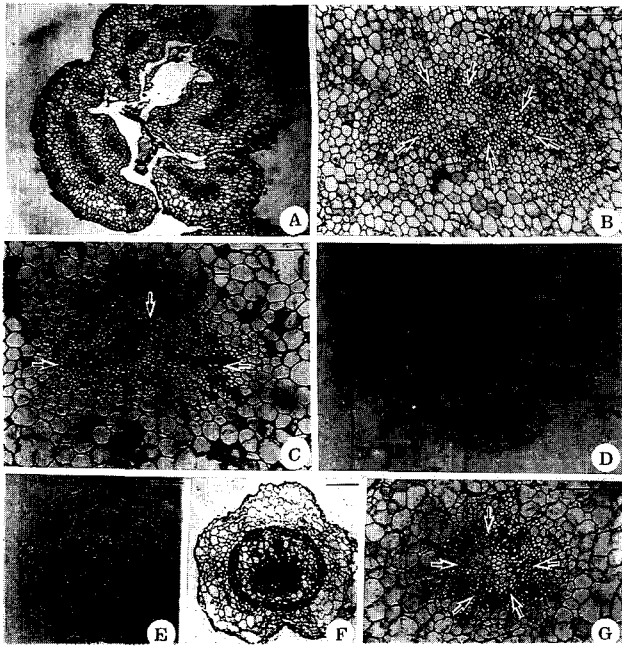


Figure 4. Transverse sections of seedlings with 4 (A-C) and 5 (D-G) cotyledons. A. Cotyledons of seedling showing vascular arrangement separating or partially connecting with one another. B. Upper hypocotyl of seedling showing abnormal hexarch xylems. Arrowheads indicate cortical vascular bundles. C. Hypocotyl of seedling showing abnormal triarch xylems (arrows). D. Cotyledons of seedling showing vascular arrangement segregating one another. E. Cotyledonary node of seedling showing 5 vascular bundles. F. Cotyledonary node of seedling showing vascular bundles of ring form. Shoot apex (arrowhead) observed in central portion. G. Hypocotyl of seedling showing pentarch xylems (arrows). bars = 100 μm .

개체들에서는 유관속들이 부분적으로 연결되어 있다. 자엽 절에서 유관속은 보통 8-9개로 분리되며 주위에 피층유관속이 존재한다. 배측에서 유관속은 3-4원형 목부를 이루지만 주로 3원형 목부가 많고, 피층유관속이 산재한다(Fig. 3G). 뿌리에서 유관속은 3원형과(Fig. 3H) 2원형 목부가 거의 비슷한 비율로 나타난다. 배측에서 4원형 목부는 보통 뿌리에서 2원형 목부를 이루고, 배측에서 3원형 목부는 3원형 목부의 형태가 뚜렷하면 뿌리에서도 3원형 목부가 나타나고, 배측에서 불완전한 3원형 목부는 한쪽의 목부와 사부가 소멸되어 2원형 목부로 전환된다.

4자엽배

4개로 분리된 자엽의 크기는 대부분 서로 크기가 다르며, 자엽내의 유관속은 각 자엽에 따라 수가 다르고 병립유관속이 독립되어 있거나 부분적으로 연결되어 있다(Fig. 4A). 자엽기부는 대개 약 0.8 mm 높이의 원통상 구조를 이루지만 일부는 완전한 원통상을 이루지 못한 경우도 있다. 자엽

절에서 유관속은 수가 많기 때문에 복잡하게 분리되며, 배측상부에서 유관속 전이 중인 또는 전이된 4-6원형 목부를 나타내고(Fig. 4B) 배측중앙부에서 3원형에 가까운 목부구조를 이룬다(Fig. 4C). 자엽절과 배측에서 유관속이 이중으로 분포된 경우가 관찰되기도 한다. 뿌리에서 유관속의 배열은 2-3원형이 관찰되는데 주로 2원형이 관찰된다.

5자엽배

5개로 분리된 자엽의 크기는 대부분 서로 다르고, 자엽내의 유관속은 자엽의 크기에 따라 수가 다르며 병립 유관속이 보통 독립적으로 존재한다(Fig. 4D). 자엽기부는 약 1 mm 높이의 원통상 구조이며 유관속은 병립 유관속이 4-5개로 독립되어 있거나, 환상으로 서로 연결되어 있다. 자엽절에서 유관속은 4-5개(Fig. 4E) 또는 환상으로 연결되어 나타난다(Fig. 4F). 배측에서 유관속은 4-5원형 목부를 나타내며(Fig. 4G), 자엽절과 배측에서 유관속이 이중으로 분포된 경우가 관찰되는 경우도 있다. 뿌리에서는 대개 2원형 목부가 관찰된다.

고 찰

체세포배 및 접합자배로부터 재생된 유식물체의 해부학적인 구조, 특히 유관속 구조에는 상당한 차이가 있는 것으로 알려졌다(Soh et al., 1996). 당근의 종자를 파종해 보면 2자엽이 98%, 3자엽이 1.2%, 4자엽과 6자엽이 각각 0.4% 정도로 나타난다(Kim et al., 1997). 접합자배 유식물의 자엽은 약 1 cm 정도로 긴데 반하여 체세포배 유래 유식물체의 자엽의 길이(약 3-4 mm)가 상대적으로 짧다. 접합자배로부터 발달된 2자엽과 4자엽은 자엽의 중앙부에 주맥과 좌우에 2개의 측맥을 갖고 있고 엽육은 책상조직과 해면조직으로 분화되어 있으며, 4자엽배로부터 유식물은 자엽이 비교적 균일하게 갈라져 있다(Kim et al., 1997). 체세포배에서 가장 높은 빈도(약 63%)로 나타나는 2자엽(Soh et al., 1996) 유식물은 5-7개의 유관속이 독립 또는 부분적으로 연결되어 존재하고 자엽의 엽육은 책상조직과 해면조직의 분화가 뚜렷하지 않으며 그외의 이상자엽배로부터 재생된 유식물체의 자엽도 역시 책상조직과 해면조직이 미분화상태로 되어 있다. 3자엽 접합자배의 유식물도(Kim et al., 1997) 2자엽의 경우와 마찬가지로 주맥과 2개의 측맥을 갖고 자엽의 크기도 균일하다. 한편, 체세포배 유래 3자엽성 유식물(약 21%, Soh et al., 1996)에서는 자엽의 크기가 균일하거나 차이가 나며, 유관속의 수도 일정하지 않고 독립적이거나 부분적으로 연결되어 존재한다. 특히 주발형자엽과 1자엽에서 유관속이 서로 연결되어 환상이나 말굽형으로 존재한다. 그러므로 접합자배와 체세포배의 유식물에서 자엽내의 유관속의

수와 배열 그리고 책상조직과 해면조직의 분화 여부에서 현저하게 다르다.

자엽기부는 접합자배 유식물과(Soh et al., 1997) 체세포배 유래 유식물들 간에 공통적인 원통상 구조를 가지는데 이는 자엽발생에 대한 중요한 구조가 될 것으로 판단되며, 유관속의 배열은 자엽에서 차이를 보이고 있다. 4자엽과 6자엽의 접합자배 유식물의 자엽기부 이하의 해부학적인 구조는 2자엽배의 경우와 거의 유사하다(Kim et al., 1997). 2자엽과 3자엽의 접합자배의 자엽절은 유관속이 자엽적의 수와 거의 일치하여 각각 6개와 9개로 나뉘어져 있다(Kim et al., 1997). 체세포배 유래 2자엽과 3자엽 유식물의 경우, 접합자배 유식물의 구조와 비슷하지만, 주발형과 1자엽배의 경우 외사관상중심주의 형태를 나타냄으로서 판이한 구조를 보인다. 2자엽과 3자엽 체세포배 유래 유식물의 경우 경정부가 대부분 나타나는데 반하여 다른 유형의 경우 경정부가 없는 경우가 많은 결과는 이전의 관찰 결과와 일치된다(Soh et al., 1966).

접합자배의 유식물에서 초기 유관속계는 첫째, 뿌리-배축으로부터 앞으로 이어진다는 견해(Eames and MacDaniels, 1947)와 둘째, 뿌리-배축으로부터 자엽으로 이어진다는 견해(Compton, 1912 : Crooks, 1933 : Schoirer and Hillson, 1973)가 있는데, 당근에서는 접합자배(Kim et al., 1997)와 모든 체세포배 유식물들의 유관속계는 뿌리-배축에서 자엽으로 이어지는 유관속계가 확립된 후 유경축의 유관속계가 배축상부에서 연결되는 것으로 나타난다. 당근 체세포배(Soh et al., 1996)에서도 전형성총의 연결도 같은 양상인 것으로 보고된 바 있다. 이와 유사한 경우가 은행나무(Hong and Soh, 1983)에서 관찰된 바 있다. 2자엽과 3자엽의 접합자배 배축은 각각 2원형과 3원형 목부를 나타내는데(Kim et al., 1997), 체세포배 유래 2자엽 유식물은 3-5원형 목부를 나타내지만 4원형 목부가 많고, 3자엽 유식물은 3-4원형 목부를 나타내지만 3원형 목부가 많으며, 다른 유형의 경우 부정형의 4-6원형 목부를 나타낸다는 점에서 차이가 난다. 접합자배 유식물의 자엽절편과 배축에서 관찰되지 않은 피층 유관속(Kim et al., 1997)은 체세포배 유래 유식물들에서 관찰되는 경우가 많으며, 이중으로 분포하는 유관속이 드물게 나타난다. 체세포배 유래 유식물의 자엽절과 배축에서 다원형목부, 피층유관속 및 이중유관속의 형성은 캘러스조직과 접합자배의 중간형이라고 생각된다. 2자엽 접합자배 유식물은 뿌리에서 배축과 같은 2원형 목부가 주로 관찰되고 3자엽 접합자배의 경우 주로 3원형 목부가 나타난다(Kim et al., 1997). 2자엽 및 3자엽 접합자배는 뿌리에서 각각 2원형 목부와 3원형 목부를 나타내지만, 3자엽의 경우 드물게 2원형이 나타나기도 하는데, 이는 1개의 목부극과 1개의 사부가 소멸되거나 또는 2개의 목부극이 융합되고 사이게 있는 사부가 소멸된 것으로 확인되었다(Kim et al., 1997). 한편, 당근의 뿌리는 주로 2원형 목부이고 드물게 3

원형 목부가 관찰된다고 보고된 바 있는데(Esau, 1940), 3원형 목부는 3자엽성인 유식물이었던 것으로 추정된다. 한편, 체세포배 유래 유식물에서는 2자엽을 비롯한 다른 유형의 유식물들에서 2원형 목부가 우세하지만, 3자엽의 경우 2원형 목부보다 3원형 목부가 더 많이 관찰된다. 그리고 주발형, 1자엽 및 2자엽에서 가끔 4원형 목부도 관찰된다.

사시-본 연구는 교육부 기초과학연구소 지원 연구비의 일부로 수행되었으며(BSRI-96-4427) 전북대학교 생물과학부 이은경 대학원생의 실험보조를 받아서 이루어졌으므로 사의를 표하는 바이다.

적 요

당근(*Daucus carota* L. cv. Hongshim)의 체세포배를 MS 기본배지에서 4주간 현탁배양하여 얻어진 유식물들은 자엽수에 따라 유형별로 구별되었고, paraffin method에 의한 영구표본을 제작하여 유관속 구조를 관찰하였다. 자엽의 엽육은 책상조직과 해면조직으로 뚜렷한 분화가 되어 있지 않았다. 모든 유형의 자엽에서 유관속은 독립된 병립유관속으로 배열되어 있지 않고, 서로 연결되어 있거나 부분적으로 연결되어 있다. 자엽기부는 대부분의 유형에서 짧은 원통상 구조를 보인다. 자엽기부와 자엽절에서 유관속의 배열은 주발형자엽 및 1자엽배에서는 환상으로 연결되므로 외사관상중심주의 형태를 보이는 경우가 많고, 5자엽배에서도 가끔 관찰되었다. 2자엽, 3자엽 및 4자엽배의 자엽기부와 자엽절에서는 주로 독립적으로 배열된 진정중심주가 관찰되었다. 배축에서 유관속의 배열은 주발형자엽, 1자엽 및 5자엽배에서는 4-6원형 목부가, 2자엽배에서는 4원형 목부가 많고, 3자엽배에서는 3원형 목부가 많았다. 자엽절-배축에는 대부분의 경우에 피층유관속이 산재하며, 드물게 이중유관속도 나타난다. 2자엽배에서는 대부분이 2원형 목부이며, 3자엽배에서는 3원형 목부가 절반정도 관찰되며, 나머지에서 주로 2원형 목부이지만 드물게 4원형 목부도 관찰되었다.

인용문헌

- Ammirato PV (1974) The effect of abscisic acid on the development of somatic embryos from cells of caraway (*Carum cara* L.). Bot Gaz 135: 328-337
- Ammirato PV (1983) The regulation of somatic embryo development in plant cell cultures: Suspension culture techniques and hormone requirements. Bio Technology 1: 68-74
- Ammirato PV (1987) Organizational events during somatic embembryogenesis. In: Plant Tissue and Cell Culture. C.E.Green, D.A.

- Somers, W.P.Hackett and D.D.Biesboer, eds, Alan R. Liss, Inc., New York, pp 57-81
- Ammirato PV** (1989) Recent progress in somatic embryogenesis. Newsletter, International Association for Plant Tissue Culture **57**: 2-16
- Buchheim JA, Colburn SM, Ranch JP** (1989) Maturation of soybean somatic embryos and the transition to plantlet growth. *Plant Physiol* **89**: 768-775
- Burns JA, Wetzstein HY** (1995) Development and germination of pecan somatic embryos derived from liquid culture. *In Vitro Cell Dev Cult* **22**: 291-297
- Cho DY, Soh WY** (1995) Morphological observation of somatic embryogenesis in leaf culture of *Bupleurum falcatum* L. *Korean J Plant Tissue Culture* **22**: 291-297.
- Choi PS, Soh WY, Cho DY, Liu JR** (1994) High frequency somatic embryogenesis and plant regeneration in seedling explant cultures of melon (*Cucumis melo* L.). *Korean J Plant Tissue Culture* **21**: 1-6
- Compton RH** (1912) An investigation of the seedling structure in the *Leguminosae*. *J Linn Soc London(Bot)* **41**: 1-132
- Crooks DM** (1933) Histological and regenerative studies on the flax seedling. *Bot Gaz* **95**: 209-239
- Eames AJ, MacDaniels LH** (1947) Introduction to plant anatomy. 2nd ed McGraw-Hill New York
- Esau K** (1940) Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus carota*. *Hilgardia* **13**: 175-226
- Hong SS, Soh WY** (1983) Vascular differentiation in the mature embryo and the seedling of *Ginkgo biloba* L. *Kor J Bot* **26**: 207-216
- Kageyama C, Komatsuea, Nakajima K** (1990) Effects of sucrose concentration on morphology somatic embryos from immature soybean cotyledons. *Plant Tissue Culture Letters* **7**: 108-110
- Kamada H, Harada H** (1979) Studies on the organogenesis in carrot tissue cultures. I. Effect of amino acids and inorganic nitrogenous compounds on somatic embryogenesis. *Z. Pflanzenphysiol* **91**: 453-463
- Kim KS, Hong SS, Soh WY** (1997) Relationship between cotyledon number and vascular system in carrot seedling. *Korean J Plant Resources* (in print)
- Lee KS, Soh WY** (1993a) Somatic embryogenesis and structural aberrancy of embryos in tissue culture of *Aralia cordata* Thunb. *Korean J Plant Tissue Culture* **20**: 77-83
- Lee KS, Soh WY** (1993b) Effects of cytokinins on the number of cotyledons of somatic embryos from cultured cells of *Aralia cordata* Thunb. *Korean J Plant Tissue Culture* **20**: 171-175
- Nickle TC, Yeung EC** (1993) Failure to establish to a functional shoot meristem may be a cause of conversion failure in somatic embryos of *Daucus carota* (Apiaceae). *Amer J Bot* **80**: 1284-1291
- Scheirer DC, Hillson CJ** (1973) The vascular transition region of *Helianthus annuus*. I. Bilateral and unilateral patterns of differentiation. *Amer J Bot* **60**: 242-246
- Soh WY** (1993) Developmental and structural diversity of regenerated plants in cell and tissue cultures. In Proc. 7th Symposium on Plant Biotechnology. Molecular Approach to Plant Cell Differentiation. Bot Soc Korea pp 1-35
- Soh WY, Cho DY, Lee EK** (1996) Multicotyledonary structure of somatic embryos formed from cell cultures of *Daucus carota* L. *J Plant Biol* **39**: 71-77
- Wetzstein HY, Baker CM** (1993) The relationship between somatic embryo morphology and conversion in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Sci* **92**: 81-89

(1997년 12월 15일 접수)