

당근 유식물체에서 자엽수와 유관속계의 관련성

김경식¹⁾, 홍성식²⁾, 소웅영¹⁾

¹⁾전북대학교 자연대 생물과학부, ²⁾전남대학교 사범대 생물교육과

Relationship between Cotyledon Number and Vascular System in Carrot Seedling

Kyungsik Kim¹⁾, Sung Sik Hong²⁾ and Woong Young Soh¹⁾

¹⁾Faculty of Biological Sciences, College of Natural Sciences, Chonbuk National University, Chonju, 561-756

²⁾Department of Biology Education, College of Education, Chonnam National University, Kwangju, 500-757

ABSTRACT

Carrot seedling embryos showing variations in cotyledon number were selected and anatomical comparisons of the embryo vascular systems were performed between the variants and normal two cotyledonary embryos. Twenty one variants were identified comprising: three cotyledonary(12), four cotyledonary(4), six cotyledonary(5) embryos from 800 seedlings germinated. Externally, all of the four and six cotyledonary embryos had two cotyledonary petioles. Each of the cotyledonary petioles divided into two or three on the upper part of the petiole which resulted in four and six cotyledons, respectively. However, the embryos had three different cotyledonary petioles in the three cotyledonary embryos. On the basis of the pattern of vascular system, the four and six cotyledonary embryos had the same basic vascular system as normal two cotyledonary embryos. Therefore the cotyledon number abnormality could result from the branching split of the abnormally thickened upper part of the cotyledonary petiole. However, the three cotyledonary embryos had a different vascular system from the normal two cotyledonary embryos. They could be regarded as different varieties from the two cotyledon embryos. All embryos observed had short cylindrical plumule sheath which formed by the fusion of the cotyledon bases. The presence of plumule sheath strongly implied that the initiation of the cotyledons was not from the two localized primordia but from the circular primordium formed at the globular stage of embryo, and it is not consistent with current views of cotyledon initiation. On the formation of the primary vascular system of carrot seedlings, it is suggested that the primary vascular system of the plumule was formed independently from that of the root-hypocotyl-cotyledon system.

Key words: *Daucus carota* L., cotyledon abberation, vascular system

서 언

피자식물의 자엽 수는 분류에 있어서 중요한 형질로 간주되어 거의 모든 분류체계에서 피자식물을 1차적으로 쌍자엽식물과 단자엽식물로 분류하고 있다(Cronquist, 1981). 자엽의 수 이외에 여타 형태적 형

질들도 이와 같은 분류를 지지하고 있으나 자엽의 수가 1차적인 분류기준이 되고 있다. 그러나 자연상태에서 형성된 종자내의 배에서 자엽수의 변이가 매우 적은 빈도이기는 하나 나타나고 있음이 인지되고 있으나 이에 대한 구체적인 연구는 찾아보기 어렵다.

한편 조직배양을 통한 체세포배의 형성과정에서는 상당한 빈도로 자엽의 수 및 형태에 변이가 나타

본 연구는 교육부 기초과학연구소 지원 연구비의 (BSRI-96-4427) 일부로 수행되었음.

나고 있으며 자엽수의 변이에 따라 식물체 재생 빈도가 영향을 받는다는 조사가 다수 이루어진 바 있다 (Kageyama 등, 1990; Choi 등, 1994a, b; Moon 등, 1994). 즉 쌍자엽식물의 경우 정상적인 2개의 자엽을 형성한 체세포배는 95% 이상이 식물체로 재생되나 1개, 3개 또는 그 이상의 자엽을 형성한 체세포배의 경우는 식물체로 재생되는율이 급격히 감소하였다 (Lee와 Soh, 1993; Soh 등, 1996). 따라서 자엽의 수는 식물체가 정상적으로 성장하는데 영향을 주는 요인이 되는 것으로 추정된다.

당근(*Daucus carota* L.)은 식물 조직배양에서 가장 보편적으로 사용되는 재료이며 특히 체세포배는 배 발생 연구를 위한 재료로 그리고 인공종자 개발을 위한 모델시스템으로 널리 쓰이고 있다 (Ammirato, 1987). 당근의 체세포배 형성과정에서도 다수의 자엽수 변이가 관찰되었으며 이러한 자엽수의 변이는 식물체 재생율과도 밀접한 관련이 있음이 확인된 바 있다 (Soh 등, 1996). 그러나 자연상태에서 나타나는 당근의 자엽수 변이에 관하여는 조사된 바 없다.

이처럼 자엽수의 변이는 자연상태에서도 나타나고 있으며 또한 체세포배의 연구에서 확인된 바처럼 식물의 정상적인 성장에 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 자연상태에서 나타나는 당근의 자엽수 변이를 조사하고 이러한 자엽수 변이의 형성과정과 그 요인 그리고 이들이 식물체의 성장에 미치는 영향을 확인하고자 계획되었으며 1차적으로 2개의 정상적인 자엽을 형성하는 개체와 비정상적인 자엽수를 나타내는 개체의 배의 유관속계에 대한 비교 조직학적인 연구를 시도하였다.

재료 및 방법

당근(*Daucus carota* L. 품종: 홍심오촌) 종자를 구입하여 물에 4시간 담그어 불린 후 물에 가라앉는 충실한 것 800 개를 모래에 파종하여, 25°C에서 약 25 umol s-1m-2의 16시간 광주기하에서 배양하였다. 파종 후 4일부터 발아가 시작되었으며 2주가 지난 후 약 7-8cm로 자란 유식물체를 대상으로 자엽수를 조사하였다.

정상적인 2개의 자엽을 가지는 유식물체와 이상 자엽수를 가지는 유식물체에서 뿌리, 배축, 자엽절,

자엽기부, 자엽병 및 자엽을 구분하여 절취한 후 해부학적 관찰을 하였다. 해부학적 관찰을 위하여 절취한 절편을 FAA에서 2일간 고정후 n-butyl alcohol 탈수과정을 거쳐 paraplast에 포매하였다. 포매된 재료는 회전식 마이크로톰으로 10 um 두께의 횡단면 연속절편을 작성하여 safranin과 hematoxylin으로 염색한 후 카나다발삼으로 봉입한 영구조직표본을 제작하여 광학현미경으로 관찰하였다.

결 과

파종하여 2주간 배양한 유식물체의 크기는 뿌리와 배축이 각각 약 3cm 내외 그리고 자엽이 약 1cm 내외이었다. 800개의 유식물체 중에서 자엽수의 이상이 나타난 개체는 3자엽이 12개, 4자엽이 4개 그리고 6자엽이 5개이었다 (그림 1).

정상적인 2자엽배의 경우(그림 1. A) 자엽신의 유관속배열은 중앙에 위치한 1개의 중앙맥과 중앙맥의 좌우에 위치한 2개의 측맥으로 구성되어 있다 (그림 2). 이와 같은 유관속의 배열은 자엽병과 자엽기부를 거쳐 자엽절까지 그대로 이어지고 있다 (그림 3, 4, 5). 자엽기부에서 2개의 자엽병은 유경축과 분리된 상태로 서로 융합되어 약 1mm 정도 길이의 원통을 형성하여 유경축을 둘러싸는 초 (sheath)의 형태를 이루고 있다. 이 부위의 유관속배열은 양쪽 자엽에서 자엽병을 거쳐 내려온 2개의 중앙맥과 4개의 측맥으로 구성된 6개의 유관속이 환상배열을 하고 있으며 중앙에는 이와 분리된 유경축 정단부의 분열조직과 초기의 1차엽이 나타나기 시작하였다 (그림 4). 배축과 완전히 연결된 자엽절 부위의 유관속은 자엽기부에서 내려온 6개의 유관속이 중앙맥과 측맥의 식별이 가능한 상태로 환상배열을 하고 있으며 그 내부에는 유경축의 정단분열조직에서 형성된 전형성층이 환상으로 나타나고 중앙에는 기본조직이 나타났다 (그림 5). 배축의 유관속은 배축 중앙에 위치하며 2원형의 목부를 형성하였다 (그림 6). 이때 2자엽에서 내려온 중앙맥의 목부는 배축의 양 목부극과 연결되었고 사부는 목부극 사이에 위치한 사부와 연결되었다. 측맥의 목부는 배축 목부의 중앙부와 연결되었고 사부는 중앙맥의 사부와 융합되어 배축의 사부와 연결되었다. 뿌리에서 유관속의 크기는 다소 감소하나 하

배측의 유관속이 계속 유지되어 전형적인 2원형의 목부를 가지는 유관속이 중앙에 위치하였다(그림 7).

3자엽배의 경우 (그림 1. B) 3개의 자엽신 모두 유관속은 2자엽배에서와 같이 1개의 중앙맥과 2개의 측맥으로 구성되어 있다 (그림 8). 이와 같은 유관속 배열은 자엽병, 자엽기부 및 자엽절까지 그대로 유지되고 있다 (그림 9. 10. 11). 자엽기부는 2자엽에서과 같이 3개의 자엽이 서로 융합되어 약 1mm 길이의 3

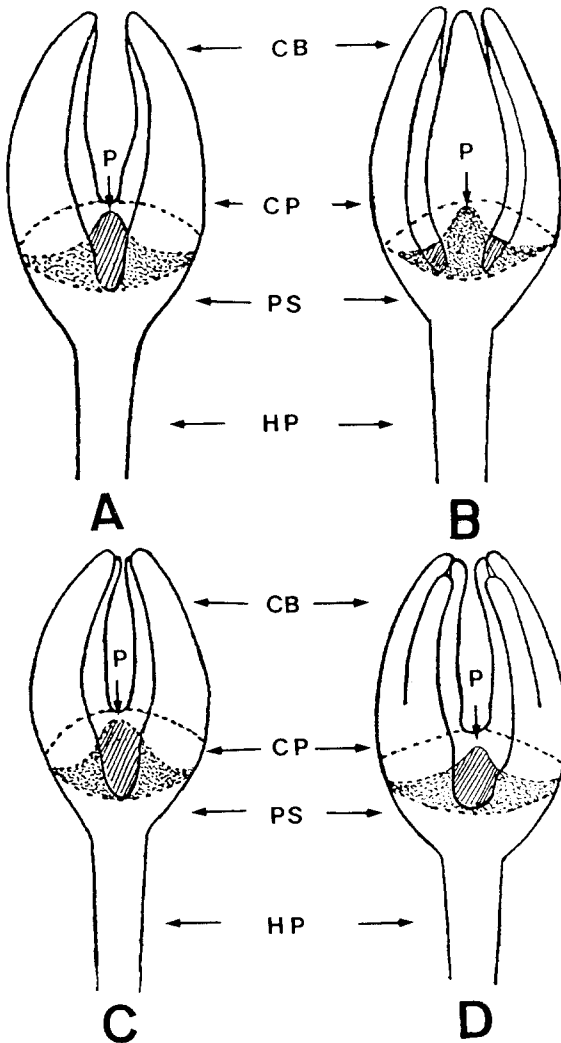
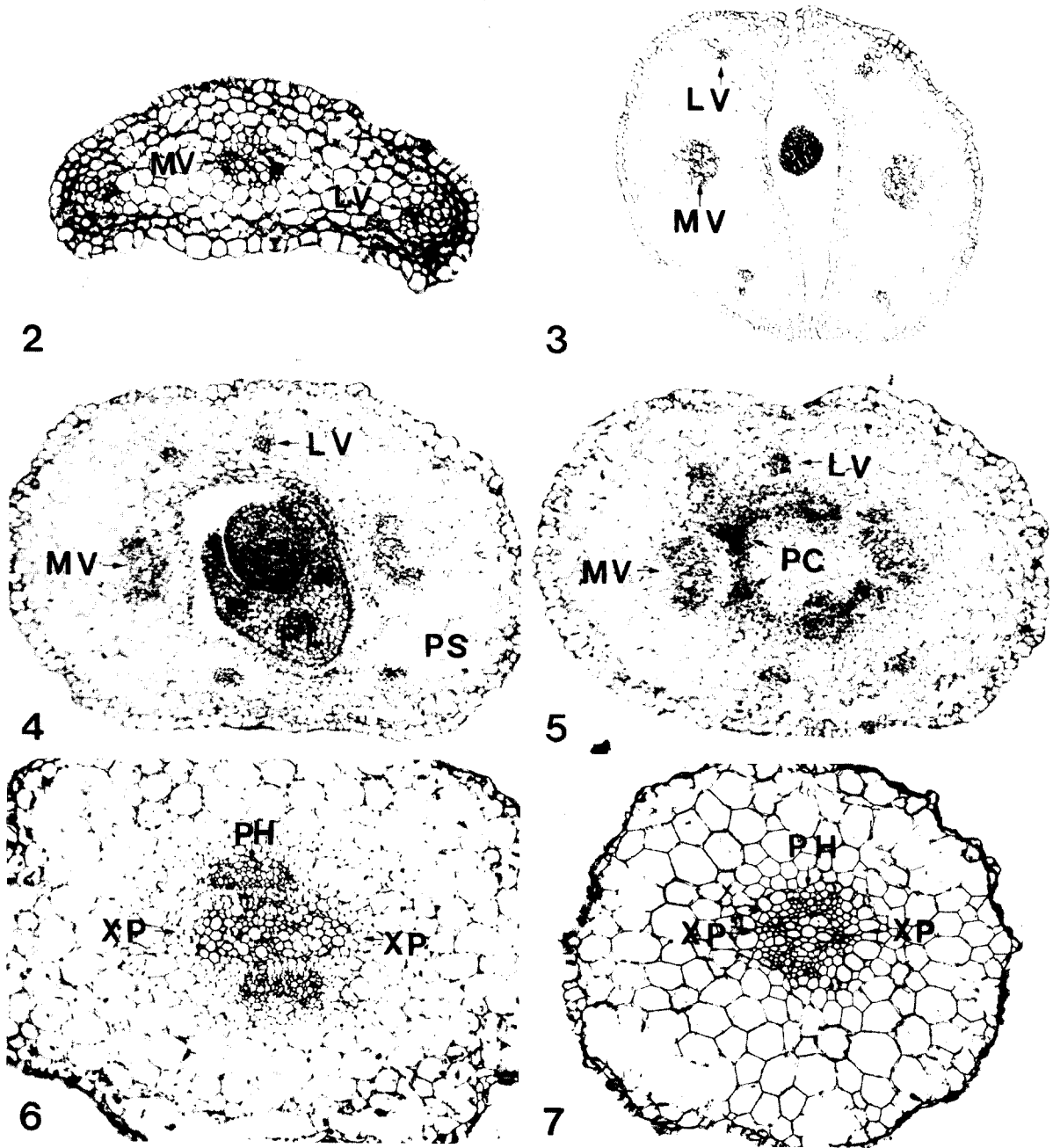


Fig. 1. Types of cotyledons of carrot seedlings.
A: Two cotyledonary, B: Three cotyledonary,
C: Four cotyledonary, D: Six cotyledonary
(cb: cotyledonary blade, cp: cotyledonary petiole
hp: hypocotyl, p: plumule, ps: plumule sheath)

각형통상의 유경축초를 형성하고 그 중앙에 자엽기부와는 분리된 유경축 선단부의 분열조직이 나타났다. 이 지역의 유관속 배열은 3개의 중앙맥과 6개의 측맥으로 구성된 9개의 유관속이 환상배열을 하고 있다(그림 10). 배측과 완전히 연결된 자엽절 부위에서 유관속은 자엽기부의 유관속이 그대로 유지되어 9개의 유관속이 중앙맥과 측맥의 식별이 가능한 상태로 환상배열을 하고 있다. 그리고 이의 내부에는 앞의 유관속으로 분화해 나갈 전형성충이 타원형으로 나타나며 중앙에는 배측의 기본조직이 나타났다(그림 11). 배측의 유관속은 3원형으로(그림 12) 자엽절에서 내려온 3개 중앙맥과 6개의 측맥은 배측의 유관속과 2자엽배와 동일한 양상으로 연결되었다. 뿌리에서 하배측의 3원형 목부는 다소 축소된 상태로 유지되었다(그림 13). 그러나 3자엽배를 형성하는 12개체 중 2개체에서 유관속 배열의 변이가 나타났다. 즉 1개체에서는 자엽신과 자엽병에서는 타 3자엽배에서와 같이 1개의 중앙맥과 2개의 측맥으로 구성된 유관속 배열을 하나 자엽기부 즉 유경축초에서는 2개의 측맥이 각각 2개의 중앙맥과 융합하여 3개의 중앙맥과 4개의 측맥으로 구성된 유관속 배열을 하고 있다(그림 14). 그리고 배측 상부에서는 3원형의 목부를 가지는 유관속을 형성하나 하부로 갈수록 2개의 목부극이 서로 인접되면서 융합하고 그 사이의 사부는 소실되어 뿌리에서는 2원형 목부인 유관속을 형성하는 경우가 관찰되었다(그림 15). 또한 자엽신, 자엽병, 자엽기부 및 자엽절의 유관속 배열은 타 3자엽배의 경우와 같았으나 뿌리에서만 2원형 목부인 유관속을 형성하는 경우도 1개체에서 관찰되었다.

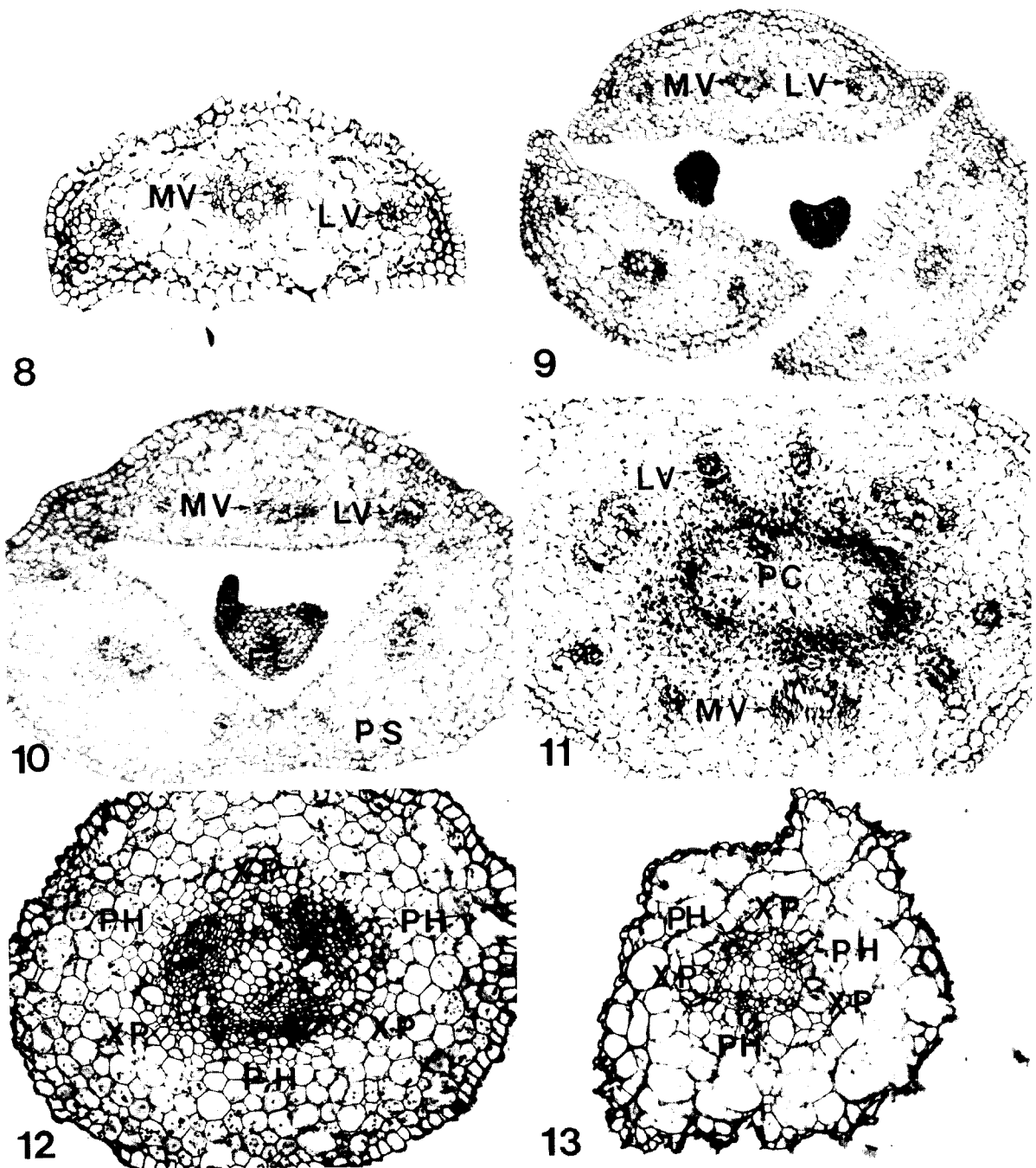
4자엽배는 배측의 자엽절에서 분지된 자엽병은 2개이나 이들이 다시 분지하여 4개의 자엽신을 형성하였다(그림 1. C). 4자엽배의 뿌리, 배측, 자엽절, 자엽기부 및 자엽병의 유관속은 2자엽배와 같았다(그림 16). 즉 뿌리 및 배측은 2원형 목부를 가지는 유관속이 중앙에 위치하고 있으며, 자엽절에서는 2개의 중앙맥과 4개의 측맥 등 6개의 유관속이 환상배열을 하고 있고, 그 내부에 앞으로 분화해 나갈 전형성충이 위치하고 있다. 자엽기부 또한 2개의 자엽병이 융합된 원통형의 유경축초를 형성하고 있으며 이 지역의 유관속 배열은 자엽절의 유관속이 그대로 유지되고 있다(그림 17). 한편 자엽기부 즉 유경축초에서

Plate 1



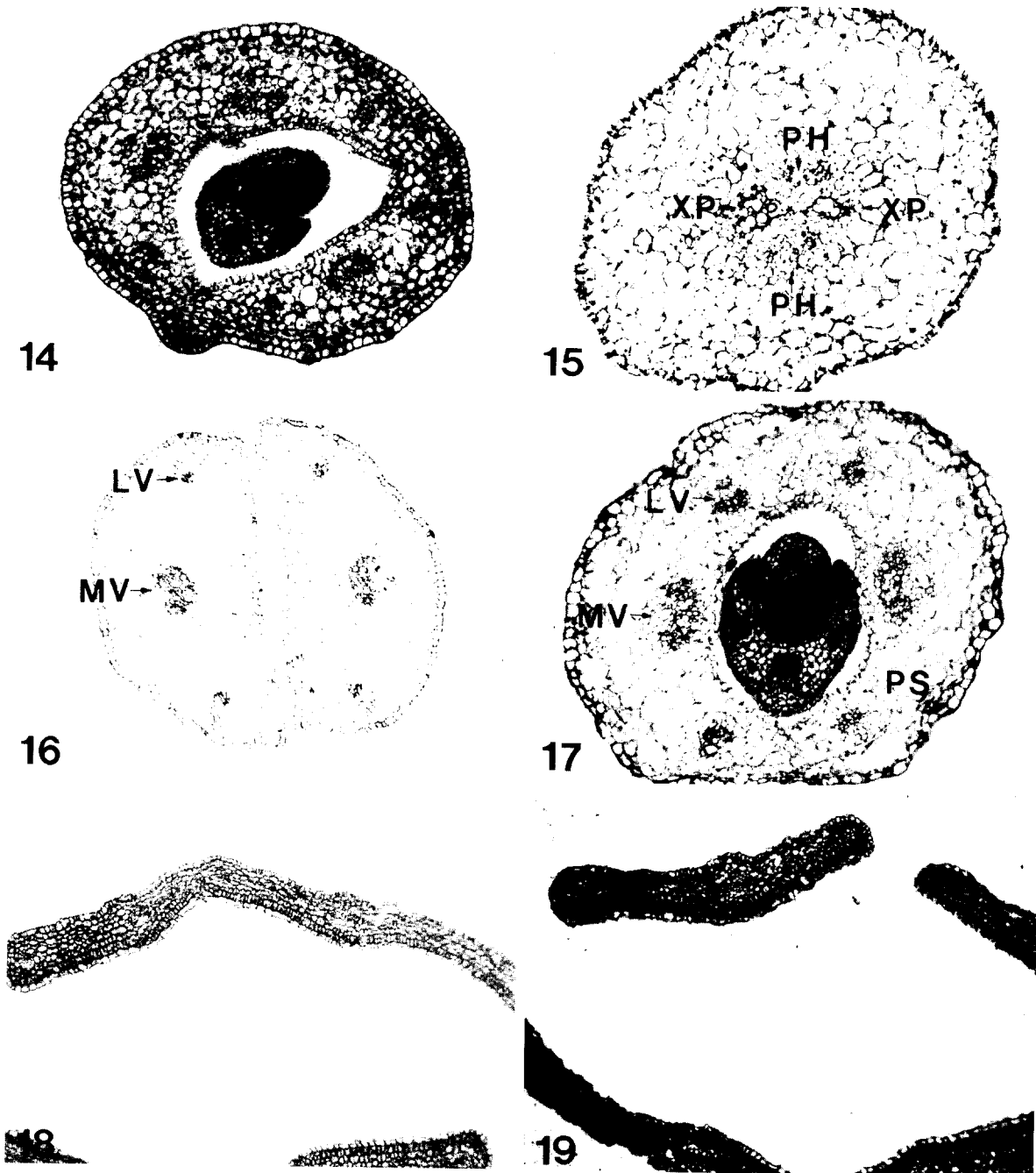
Figs. 2-7 Photomicrographs of trans-section of two cotyledonary carrot embryo.(Figs. 2-5. X100, Figs 6-7. X200) Fig. 2. Cotyledonary blade, Fig. 3. Cotyledonary petiole, Fig. 4. Cotyledonary base, Fig. 5. Cotyledonary node, Fig. 6. Hypocotyl with diarch xylem, Fig. 7. Root with diarch xylem (fl:first leaf, lv:lateral vein, mv:median vein, pc:procambium, ps:plumule sheath, xp:xylem pole, ph:phloem)

Plate 2



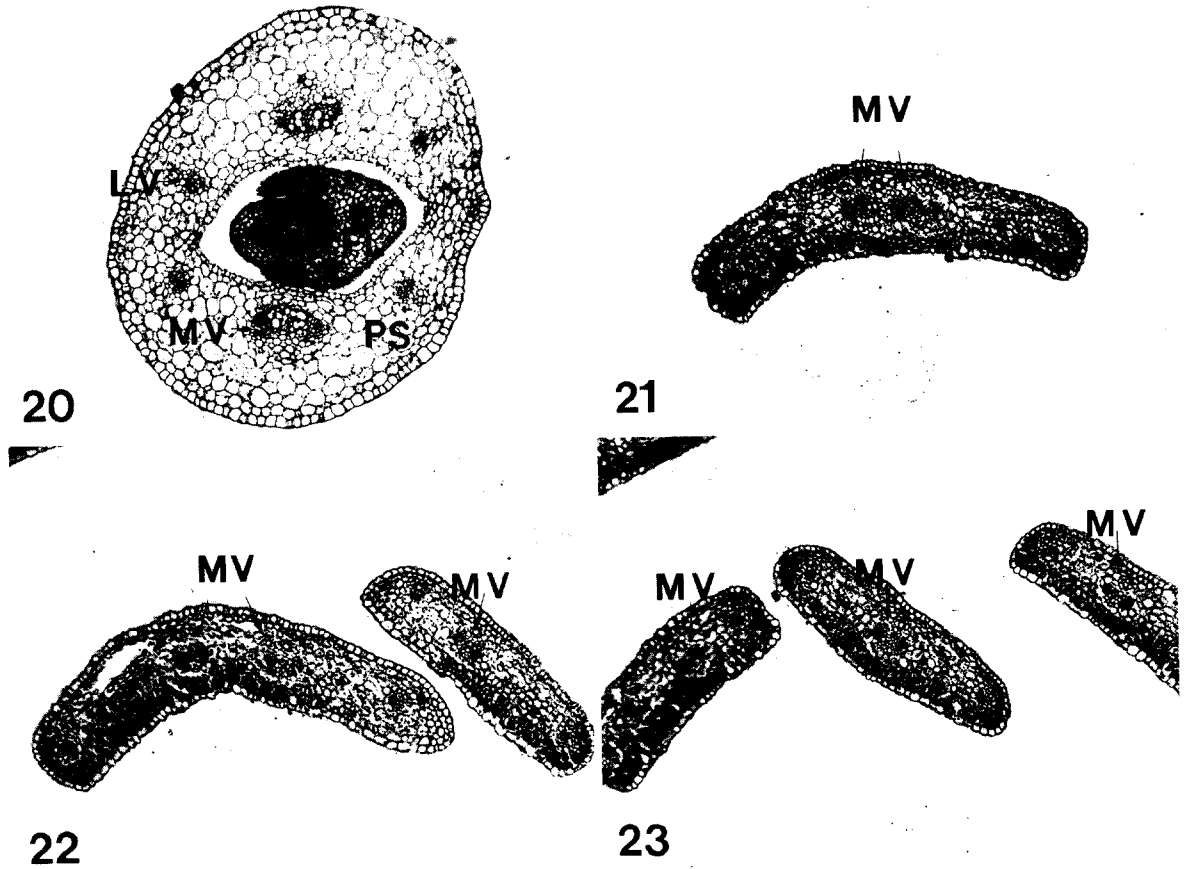
Figs. 8-13 Photomicrographs of trans-section of three cotyledonary carrot embryo.(Figs. 9-10. X150, Figs 11-13. X200)
 Fig. 8. Cotyledonary blade(X100), Fig. 9. Cotyledonary petiole, Fig. 10. Cotyledonary base, Fig. 11. Cotyledonary node.
 Fig. 12. Hypocotyl with Triarch xylem, Fig. 13. Root with Triarch xylem (Abbreviations in figures correspond to plate 1.)

Plate 3



Figs. 14-19. Photomicrographs of trans-section of three (Fig. 14-15, X150) and four (Fig. 16-19, X150) cotyledonary carrot embryo. Fig. 14. Cotyledonary base with seven leaf traces, Fig. 15. Root with diarch xylem, Fig. 16. Cotyledonary petiole, Fig. 17. Cotyledonary base, Fig. 18. Upper part of cotyledonary petiole, Fig. 19. Cotyledonary blade (Abbreviations in figures correspond to plate 1.)

Plate 4



Figs. 20-23. Photomicrographs of trans-section of six cotyledonary carrot embryo. Fig. 20. Cotyledonary base(X150), Fig. 21. Upper part of Cotyledonary petiole showing divided median vein, Fig. 22. Upper part of Cotyledonary base, Fig. 11. Cotyledonary petiole divided into two cotyledons, Fig. 23. Three cotyledons(Figs. 21-23, X100) (Abbreviations in figures correspond to plate 1.)

분지된 2개의 자엽병은 상부로 갈수록 굵어지며 각각의 자엽신이 분지되는 지역에서 폭이 최대를 이룬다(그림 18). 자엽병내의 유관속도 자엽병의 굵기에 따라 다양한 배열양상을 나타내었다. 즉 자엽병의 하부에서는 2자엽배의 자엽병과 같이 중앙맥과 중앙맥 좌우의 측맥으로 구성된 3개의 유관속이 배열하고 있다. 그러나 자엽병 중앙부로 올라가면서 자엽병은 점차 넓어지고 중앙맥과 측맥들 사이의 거리가 넓어지면서 이 사이에 작은 세맥들이 나타나기 시작했으며 뒷쪽으로 갈수록 세맥의 수도 1개에서 2개로 증가하여 자엽병 중앙부에 이르면 중앙맥과 좌우 측맥들 사이에 2개씩의 세맥이 위치하여 모두 7개의 유

관속이 배열하고 있다. 보다 더 상부로 가면 중앙맥이 분지하여 2개로 되고 이 후 분지된 중앙맥과 중앙맥 사이가 넓어지면서 이 사이에 다시 세맥이 나타났다. 각 자엽병의 폭은 자엽신이 분지되는 지점에서 최대를 이루며 중앙맥들 간의 폭도 최대로 넓어졌다. 중앙맥 사이의 세맥수도 5-6개로 증가하였다(그림 18). 따라서 이 지역의 유관속 배열은 2개의 중앙맥, 좌우 말단부에 위치한 2개의 측맥, 이들 사이에 위치하는 세맥들 그리고 중앙맥과 중앙맥사이의 세맥 등으로 구성되었다. 그러나 자엽병의 크기에 따라 세맥의 수는 다소 차이를 보였다. 한편 자엽신이 분지되면서 2개의 중앙맥은 각각 2개의 자엽신으로 그리고 좌우

말단부에 위치한 원래의 측맥들도 각각 2개의 자엽신으로 뿔어갔다. 그리고 중앙맥이 분지하여 각 자엽신의 나머지 측맥을 형성하였다. 따라서 자엽신은 중앙맥과 측맥이 있고 중앙맥과 측맥 사이에 세맥이 있는 유관속 배열을 나타내었다(그림 19). 그러나 세맥의 수는 자엽의 크기에 따라 변이를 보였다.

6자엽배도 2자엽배 및 4자엽배와 같이 2개의 자엽병이 형성되고 이들이 각각 말단부에서 3열하여 모두 6개의 자엽신을 형성하였다. 각 자엽병에서 형성된 3개의 자엽신들은 외형상으로는 크기가 유사하였다(그림 1. D). 이들도 뿌리, 배축, 자엽절, 자엽기부 즉 유경축초의 유관속은 2자엽배와 같았다. 그리고 자엽병 하부의 유관속 배열도 2자엽배 및 4자엽배의 유관속 배열과 그 양상이 같았다(그림 20). 그러나 자엽병 중앙부에서 4자엽배에서와 같이 중앙맥이 2개로 분지하나 분지된 2개의 중앙맥은 서로 크기에서 차이를 보여 다소 큰 중앙맥과 작은 중앙맥으로 구분되었다(그림 21). 자엽신이 분지되는 지점에서 먼저 분지된 작은 중앙맥은 먼저 자엽신으로 분리되었다. 즉 이 지점에서 자엽신은 2개로 분지되며 이후 굵은 중앙맥이 다시 분지하여 2개의 자엽신으로 분리되었다(그림 22). 따라서 각 자엽병에서 형성된 3개의 자엽신은 먼저 2개로 분지되며 후에 나머지 자엽신들이 분지되는 양상을 유관속의 배열양상을 통하여 확인할 수 있었다(그림 23). 측맥은 먼저 분지되는 자엽신의 경우 원래의 측맥과 중앙맥에서 후에 분리되는 측맥으로 구성되었다. 후에 분지되는 2개의 자엽신들의 경우 중앙에 위치한 자엽신은 양쪽의 측맥 모두가 중앙맥에서 분지되며 나머지 자엽신의 경우 원래의 측맥과 후에 중앙맥에서 분지된 측맥으로 구성되었다. 따라서 3개의 자엽신 모두 중앙맥과 자엽신 가장자리에 위치한 2개의 측맥이 나타나게 되며 중앙맥과 측맥 사이에 세맥들이 나타나기도 하였다. 세맥의 분포는 자엽신의 크기에 따라 변이를 나타내어 자엽신이 큰 경우는 1-2 개가 그리고 작은 경우는 세맥이 없었다.

고 찰

당근의 발생에 있어서 자연상태에서 자엽수 이상의 출현은 800 개체 중에서 3자엽이 12개로 약 1.5%,

4자엽과 5자엽이 각기 4-5개로 약 0.5%로 매우 낮은 율로 나타남을 알 수 있었다.

4자엽배와 6자엽배의 경우는 자엽절에서 형성되는 자엽병이 2자엽배와 같이 2개이며 이후 자엽병이 확장되어 각 자엽병 마다 2개 또는 3개의 자엽신을 형성하였다. 또한 각 자엽신의 유관속이 자엽병에서는 서로 융합하여 결국 2자엽배의 유관속배열 양상과 같아지며, 하배축 및 뿌리의 유관속도 모두 2자엽배와 같은 2원형 목부를 가지고 있다. 또한 자엽병이 상부로 갈수록 비대해지며 각 자엽신마다 크기에 차이를 나타내고 있다. 그리고 중앙맥과 측맥사이에 나타나는 세맥은 자엽병 및 자엽신의 크기에 비례하여 수가 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 4자엽배와 6자엽배의 경우는 2자엽배 식물의 자엽병이 이상 비대할 경우 나타나는 변이로 간주함이 타당한 것으로 생각되었다.

그러나 3자엽배는 자엽절에서 자엽병이 3개 형성되어 각기 자엽신을 형성하였다. 또한 2개체에서 다소 변이가 나타나는 것을 볼 수 있었으나 거의 모든 개체에서 유관속의 배열이 동일하게 나타났다. 즉 3개의 자엽신내 유관속은 자엽병을 거쳐 자엽절까지 계속 유지되어 유경축초와 자엽절에서는 3개의 중앙맥과 6개의 측맥이 환상으로 배열하여 모두 9개의 유관속이 배열하였다. 또한 하배축과 뿌리에서는 2자엽배와는 다른 3원형 목부를 형성하는 유관속이 나타났다. 즉 3자엽배는 자엽병의 형성과 유관속의 종류 및 배열 양상이 2자엽배와는 근본적으로 차이가 있다. 따라서 3자엽배를 형성하는 개체는 4자엽배 및 6자엽배와는 다르게 2자엽배인 개체가 발생과정 중에 나타나는 비정상적인 변이가 아니라 자엽수 형성에 있어서 별개의 형질을 가지는 개체군일 가능성을 강력하게 시사해 주는 것으로 생각된다.

또한 자엽의 기부는 자엽병이 서로 융합하여 약 1mm 길이의 원통형을 이루어 유경축을 둘러싸는 초상구조 (sheath like structure)를 형성함이 확인되었다. 이 유경축초는 외형상으로는 식별이 어렵고 연속절편을 이용한 해부학적 관찰에서만 확인이 가능하였다. 쌍자엽식물의 자엽형성과정에 대한 기존의 연구에서는 자엽이 형성되기 전단계인 방사상칭인 구상배 시기에서 자엽형성이 시작되는 좌우상칭인 심장형배로 발달할 때 구상배의 양 쪽에서 각 자엽의 원

기가 따로 형성되어 좌우상칭 구조인 심장형의 배를 형성하는 것으로 보고되고 있다(Maheshiwari, 1950, 1963; Raghavan, 1986). 그러나 본 연구에서 관찰된 유경축초의 존재는 구상배에서 자엽이 형성되는 초기에 각 자엽의 원기가 양쪽에 따로 형성되는 것이 아니라 정단부를 제외한 주변부에서 먼저 원통형으로 분열이 일어나 유경축초를 형성하고 이 후에 유경축초의 양 쪽에서 자엽이 형성됨을 암시하고 있다. 이는 자엽형성 개시에 대한 새로운 연구가 필요함을 강력히 시사하고 있다고 보겠다.

한편 성숙배의 발아초기에 형성되는 유관속계의 확립에 대하여는 뿌리, 배축, 유경축을 단일계로 보는 견해 (Eames와 MacDaniels, 1947), 뿌리, 배축, 자엽계에 유경축의 목부가 추가연결된다는 견해 (Compton, 1912; Winter, 1932; Crook, 1933; McMurray와 Fisk, 1936; Allen, 1947; Scheirer와 Hillson, 1973; Hong과 Soh, 1983), 그리고 뿌리, 배축계는 단일계이며 자엽계 및 상배축계는 각기 별도로 분화하여 연결된다는 견해 등이 있다 (Marsden and Bailey, 1955; Bisalputra, 1961). 본 연구에서 관찰된 바에 의하면 자엽신 및 자엽병의 중앙맥과 측맥은 배축과 자엽이 완전히 연결된 자엽절까지 이어지고 이 후 배축의 유관속과 연결되었으며 배축의 유관속은 뿌리의 유관속과 같은 형태로 연결되었다. 또한 자엽절의 유관속배열에서 유경축은 1차엽으로 분화해 나갈 전형성층을 별도로 가지고 있음이 관찰되었다. 따라서 당근의 성숙배 발아초기에 나타나는 유관속계의 형성은 뿌리, 배축, 자엽의 유관속계에 유경축의 유관속이 추가연결된다는 견해와 일치하는 것으로 생각되었다.

Esau (1940)는 당근 뿌리의 해부학적 연구를 통하여 기본적인 2원형 목부를 가지는 유관속 외에 소수 이기는 하나 3원형 등의 변이가 나타남을 확인하고 이러한 뿌리 유관속의 변이는 자엽수의 변이와 관련이 있을 것으로 추정한다. 본 연구에서 확인된 바와 같이 2자엽배는 뿌리 유관속의 목부가 2원형인 반면 3자엽배의 유관속은 3원형이었다. 이러한 사실은 Esau(1940)의 추정을 뒷받침하는 결과로 생각되었다.

적 요

당근 (품종: 홍심오촌)의 종자를 파종하여 배양한 유식물체에서 자엽수의 변이를 조사하고, 정상적인 2자엽배와 이상 자엽수를 형성하는 배에 대하여 유관속배열양상의 차이를 확인하기 위하여 비교해부학적 연구를 시도하였다. 조사된 800개의 유식물체에서 3자엽배가 12개체, 4자엽배가 4개체 그리고 6자엽배가 5개체 나타났다. 유관속배열양상은 4자엽배와 6자엽배는 2자엽배의 발생과정중 변이임을 그리고 3자엽배는 2자엽배와는 별개의 자엽수를 형성하는 개체들임을 강력히 시사하였다. 또한 모든 배에서 자엽병은 자엽기부에서 유합하여 유경축을 둘러싸는 초상구조(sheath-like structure)를 형성함이 확인되었다. 이는 자엽발생 초기에 자엽원기가 환상으로 형성됨을 시사하는 것으로 기존의 자엽발생 초기에 대한 연구와 근본적인 차이를 보이는 것으로 생각되었다. 그리고 당근 유식물체에서 유관속계의 형성은 뿌리, 배축, 자엽으로 이어지는 유관속계에 유경축의 유관속이 추가연결되는 것으로 확인되었다.

인 용 문 헌

- Allen, G.S. 1947. Embryogeny and development of the apical meristems of *Pseudotsuga*. II. Late Embryogeny. Amer. J. Bot. 34: 73-80
- Ammirato, P.V. 1987. Organizational events during somatic embryogenesis. Plant Tissue and Cell Culture, Alan R. Liss, Inc. pp 57-81
- Bisalputra, T. 1961. Anatomical and morphological studies in the Chenopodiaceae. Aust. J. Bot. 9: 1-18
- Choi, P.S., W.Y. Soh and J.R. Liu 1994a. Effects of carbohydrate source and osmoticum on the structural abnormality of somatic embryo of *Conodopsis lanceolata*. Abstract. Spring Meet. Kor. Soc. Plant Tissue Culture, p. 47
- Choi, P.S., W.Y. Soh, D.Y. Cho and J.R. Liu 1994b. Somatic embryogenesis in immature zygotic embryo cultures of Korean soybean (*Glycine max* L.) cultivars and effect of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid on somatic

- embryo morphology. Korean J. Plant Tissue Culture 21: 7-13
- Compton, R.H. 1912. An investigation of the seedling structure in the Legumionaceae. J. Linn. Soc. London(Bot). 41: 1-132
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, NY pp 1-3.
- Crooks, D.M. 1933. Historical and regenerative studies on the flax seedling. Bot. Gaz. 95: 209-239
- Eames, A.J. and L.H. MacDaniels 1947. Introduction to plant anatomy 2nd ed. McGraw-Hill, NY
- Esau, K. 1940. Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus carota*. Hilgardia 13: 175-226
- Hong, S.K. and W.Y. Soh 1983. Vascular differentiation in the mature embryo and the seedling of *Ginkgo biloba* L. Kor. J. Bot 26: 207-216
- Kageyama, C., T. Komatsuda and K. Nakajima 1990. Effects of sucrose concentration on morphology of somatic embryos from immature soybean cotyledons. Plant Tissue Culture Letters 7: 108-110
- Lee, K.S. and W.Y. Soh 1993. Somatic embryogenesis and structural aberrancy of embryos in tissue cultures of *Aralia cordata* Thunb. Korean J. Plant Tissue Culture 20(2): 77-83
- Maheshwari, P. 1950. An introduction to the embryology of angiosperms. McGraw-Hill Book Co. NY
- Maheshwari, P. 1963. Recent advances in the embryology of angiosperms. International Society of Plant Morphologists, Delhi
- Marsden, M.P.F. and I.W. Bailey 1955. A forth type of nodal anatomy in dicotyledons illustrated by *Clerodendron trichotomum* Thunb. J. Arnold Arbor. Harv. Univ, 36: 1-50
- McMurray, E.B. and E.L. Fisk 1936. Vascular anatomy of the seedling of *Melilotus alba*. Bot. Gaz. 98:121-134
- Moon, Y.H., S.K. Kim, S.B. Choi and K.W. Lee 1994. Plant regeneration of soybean cultivars via somatic embryogenesis. J. Plant Biol. 37: 333-341
- Scheirer, D.C. and C.J. Hillson 1973. The vascular transition region of *Helianthus annuus* L. Bilateral and unilateral patterns of differentiation. Amer. J. Bot. 60: 242-246
- Soh, W.Y., D.Y. Cho and E.K. Lee 1996. Multicotyledonary structure of somatic embryos formed from cell cultures of *Daucus carota* L. J. Plant Biol. 39(1): 71-77
- Raghavan, V. 1986. Embryogenesis in angiosperms. Cambridge University Press, NY pp 13-45
- Winter, C.W. 1932. Vascular system of young plants of *Medicago sativa*. Bot. Gaz. 94: 152-167