

莲幼苗初生维管系统研究*

孙克莲¹, 汪 矛¹, 崔跃华²

(1 中国农业大学生物学院, 北京 100094; 2 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要: 莲 (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) 幼苗属无根型。子叶片下部愈合呈筒状, 并和子叶节区及其下部愈合为一体。子叶节区下部维管柱为 χ 形单中柱; 子叶节区中部为周韧单中柱, 子叶迹呈 6 束辐射均匀地进入子叶; 子叶节区上部为散生中柱, 其中央的 4~6 个大维管束由子叶节区中部的单中柱分裂形成; 周围的小维管束一部分由子叶迹分裂形成, 一部分由周围薄壁细胞脱分化形成。

关键词: 莲; 幼苗; 初生维管系统

中图分类号: Q 944 文献标识码: A 文章编号: 0253-2700(2000)03-0286-06

Studies on the Primary Vascular System of the Seedling of *Nelumbo nucifera*

SUN Ke-Lian¹, WANG Mao¹, CUI Yue-Hua²

(1 College of Biological Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: *Nelumbo nucifera* Gaertn. has a no-radicle seedling. The lower part of the cotyledon lamina fuses into a tube-shaped object, and comes into an integrity with the cotyledon node zone (CNZ) and the part below it. The lower part of CNZ has a χ -shape haplostele. The middle part has a haplostele with the xylem enclosed by the phloem. The six vascular bundles of the cotyledon trace extend into the cotyledon radially and evenly. The haplostele of the middle part of CNZ is separated into 4~6 big vascular bundles which were in the central part of the atacto-stele in the upper part of CNZ. Part of the small vascular bundles of the atacto-stele originates from the division of the cotyledon trace, and the other comes from redifferentiation of the surrounding parenchyma cells.

Key words: *Nelumbo nucifera*; Seedling; Primary vascular system

莲 (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) 起源于中国, 是一种用途甚广的水生经济植物, 它不仅可供食用、药用, 还是中国十大名花之一。莲在被子植物系统演化中也占据着相当独特的地位, Takhjan (1997) 将其归于双子叶植物纲莲目。但因莲还具有许多单子叶植物的特征, 如根茎中没有形成层、维管束是分散排列的、根茎增粗形式 (陈维培等, 1989) 罩

* 基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (39630030) 和中科院植物研究所系统与进化植物学开放研究实验室资助

收稿日期: 1999-07-12; 1999-12-14 接受发表

状的托叶鞘以及具层状胎座（陈维培等，1982）等，许多学者对其为双子叶植物提出了异议。严素珍（1986）根据莲的胚乳发育为沼生目型，认为应把莲目作为介于原始双子叶植物和原始单子叶植物之间的一个类群。Titova 和 Batygina（1996）认为莲是单子叶植物，它所谓的两片子叶只是一个子叶原基的两个突起而已。Haines（1979）根据其幼苗具胚芽鞘和中胚轴也支持将莲归于单子叶植物。

关于莲的形态解剖学研究，在胚胎发育（严素珍，1986；陈维培等，1982）、幼苗形态（王希庆，1956）以及茎（陈维培等，1989）、叶（陈维培等，1992）等都见报道，但对于幼苗的初生维管系统的研究却缺乏详尽的报道。因此，本文在前人研究的基础上，根据子叶节区理论（Gu 等，1990）对幼苗期莲的初生维管系统进行了较为深入的研究，为进一步探讨莲的系统演化地位提供参考。

1 材料和方法

莲种子购自中国科学院植物研究所，经机械磨破种皮后浸入清水中，5~7d 即露出绿色胚芽，以后次序长出第一、第二片先出叶。用 FAA（70%乙醇）固定，经石蜡包埋后做连续切片，厚度为 10~12 μm ，番红-固绿双重染色，加拿大树胶封固，Olympus 光学显微镜观察并照相。

2 观察结果

2.1 形态观察

莲子为小坚果，种子无胚乳。剥开种皮可见子叶下部愈合成圆筒状，将子叶分开，可见已具两片绿色先出叶和顶芽的胚芽。幼苗期种皮涨裂，两片先出叶互生与子叶呈 90°角排列，外面无托叶鞘包裹，从第三片叶开始，均有一片较厚而长的托叶鞘。不定根最先从第一叶的节上发生，有 8 条，随后第二、第三叶节也有不定根发生。幼叶卷曲生长，展开后呈盾状圆形，全缘，叶脉辐射状，除通到叶尖的一条外，其余的都成二歧式分枝。

2.2 组织学观察

2.2.1 子叶节区结构 子叶节区长约 620 μm ，直径 270~400 μm 。从纵切面上看，子叶片下部愈合成圆筒状，将子叶节区及其下部完全包裹在内，仅在基部尚保留一未完全愈合的小孔。子叶节区无明显的表皮、皮层等结构，而是与子叶愈合成一体。多子叶迹汇合呈 U 字形，分上、中、下 3 个部分（图版 I：1）。

子叶节区下部 即子叶迹汇合处至稍下方，长 150 μm ，直径 270 μm 。子叶节区下部为初生维管系统中最原始的部分，该部属外始式二原型侧向连接的 χ 形单中柱。木质部管状分子为环、螺旋管胞，排列不规则，有的径向排列，有的斜向排列；韧皮部筛分子径排列，呈孤岛状（图版 I：2）。

子叶节区中部 即子叶迹汇合处上方，长 410 μm ，直径 400 μm 。此部位具有分生组织性组织。由子叶节区下部的 χ 形单中柱开始向茎过渡。随着木质部管状分子数目的增多，后生木质部扩大，木质部由 χ 形转变为圆形，管状分子排列仍不规则；韧皮部筛分子由孤岛状的径向排列转变为切向排列，并联合成环形，围绕在木质部周围（图版 I：3）。在子叶节区中部的上方，维管系统呈 6 束辐射均匀地进入子叶，韧皮部在外，木质部在内

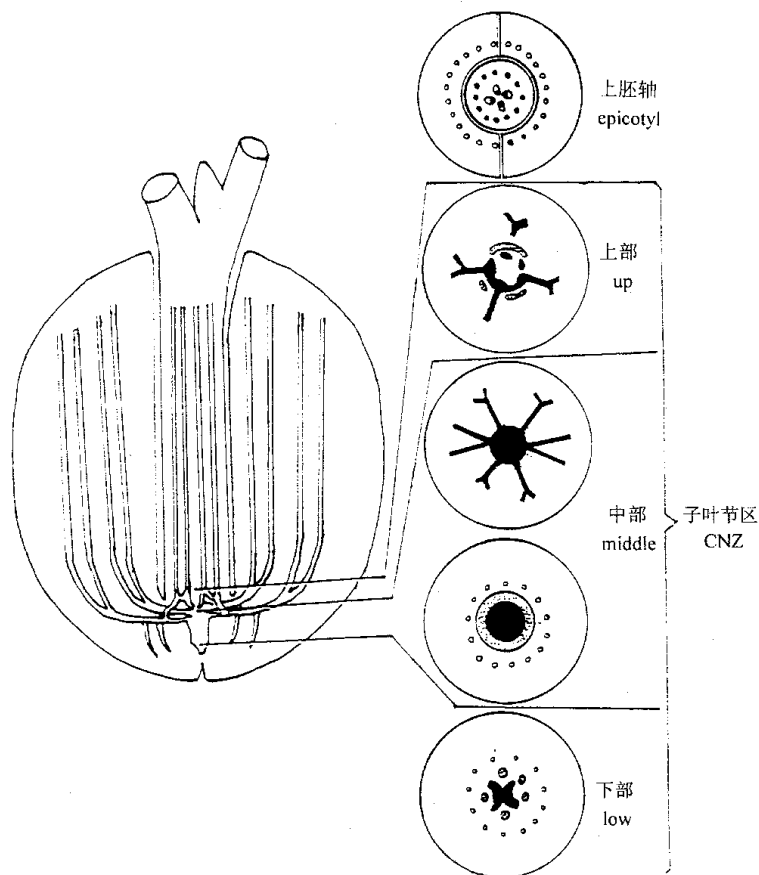


图 1. 莲幼苗分区及其不同区段横切面示意图

Fig. 1 Schematic drawing of the seedling of *Nelumbo nucifera* Gaertn. and the cross section of its different parts

(图版 I: 4)。在进入子叶的过程中, 这 6 束维管束又分叉, 并和外围子叶内的小维管束连成一体, 继续向外辐射。

子叶节区上部 即子叶节区中部与上胚轴苗连接区, 长 $60 \mu\text{m}$, 直径 $720 \mu\text{m}$ 。在圆形木质部中央渐出现髓薄壁细胞, 将单中柱分割成 4~6 个维管束, 外韧型 (图版 I: 5)。子叶迹与原来子叶内的小维管束汇合后又分枝, 一部分形成上胚轴外围的维管束, 一部分继续向外延伸形成子叶内维管束。同时周围的薄壁细胞脱分化又形成新的小维管束进入上胚轴, 从而形成了上胚轴的散生中柱。

2.2.2 上胚轴 上胚轴为散生中柱。中间为 4~6 个大维管束, 周围约为 25 个小维管束。维管束外韧型, 韧皮部发达 (图版 I: 6)。

2.2.3 根和下胚轴 莲胚根不发育, 为一团无规则形排列的薄壁细胞, 无分层现象,

细胞质浓厚，核较大，无细胞分裂和形成维管系统的迹象。因胚与子叶愈合，故在其外围的子叶中可见 10~12 个小维管束，仅由管胞组成，韧皮部为薄壁细胞组成（图版 I：7）。无下胚轴。不定根为多原型星状中柱，内皮层仅内外切向壁栓化（图版 I：8）。

3 讨论

3.1 莲没有下胚轴，胚根仅由一团无规则形排列的薄壁细胞组成，无分层现象。许多学者认为莲的胚根极度退化，是长期适应水生生活而引起的器官简化的结果（王希庆，1956；陈维培等，1988）。根据子叶节区理论（Gu 等，1990）子叶节区是幼苗最原始的部分，下胚轴-根区是由子叶节区下部衍生出来的。据我们在实验观察莲子叶节区下部未分化形成下胚轴和根，也无维管系统形成的迹象，因此认为莲胚根不发育有可能不是器官的简化，而是子叶节区下部未衍生出来的结果。

3.2 莲上胚轴维管束分为两轮，中央为 4~6 个大维管束，周围有大约 25 个小维管束。中央的大维管束由子叶节区的单中柱分裂形成，周围的小维管束部分由子叶节区上部的薄壁细胞脱分化形成，部分由子叶迹分裂形成。这种散生中柱维管束的发生与单子叶植物散生中柱维管束的发生是有区别的。

3.3 Takhtajan（1997）根据 Barthlott 等对莲的微形态和角质层蜡质的化学研究，认为它不接近木兰目和睡莲目，而更接近毛茛亚纲。吴征镒等（1998）在被子植物八纲系统的新方案中也把莲目归于毛茛纲中。我们观察到莲子叶节区下部为 χ 形单中柱，类似毛茛科黄花乌头（*Aconitum coreanum* Lévl.）的子叶节区下部的中柱类型（Wang 等，1992），分析莲目与毛茛目可能有一定的亲缘关系。

3.4 莲在传统的植物分类中属于双子叶植物纲莲目（Takhtajan，1997），不少学者对此提出了异议。我们发现莲子叶片下部愈合成筒状，根据 Sargent（1903）的联生子叶式理论，双子叶植物的两片子叶经局部联合到完全联合，从而形成了单子叶植物。莲的子叶片下部愈合成筒状，恰是单、双子叶植物的一种过渡形式。此外，莲子叶迹呈 6 束辐射均匀地向外进入子叶，并未象典型的双子叶植物子叶迹呈两束向两侧分开进入子叶，也非典型的单子叶植物子叶迹螺旋式分离进入子叶鞘的式样。所以我们同意严素珍（1986）的观点，认为莲是介于原始单、双子叶间的一个类群。

〔参考文献〕

- 王希庆，1956. 莲的营养体形态及芽的结构初步研究 [J]. 植物学报, 5 (4): 425~437
- 严素珍, 1986. 莲胚与胚乳的发育 [J]. 植物学报, 28 (4): 355~360
- 吴征镒, 汤彦承, 路安民等, 1998. 试论木兰植物门的一级分类——一个被子植物八纲系统的新方案 [J]. 植物分类学报, 36 (5): 385~402
- 陈维培, 张四美, 1982. 莲的心皮发育 [J]. 植物学报, 24 (2): 126~133
- 陈维培, 张四美, 1988. 莲的生态解剖学研究 [J]. 生态学报, 8 (3): 277~282
- 陈维培, 张四美, 1989. 莲的根茎构造、伸长与增粗 [J]. 植物学报, 31 (3): 191~197
- 陈维培, 张四美, 1992. 睡莲科叶比较解剖 [J]. 植物分类学报, 30 (5): 415~422
- Gu A G, Wang M, Wang L J, 1990. Studies on cotyledon node zone in some genera of the Ranunculaceae [J]. *Cathaya*, 2: 171~

180

- Haines R W, 1979. Monocotylar seedlings : a review of evidence supporting an origin by Fusion [J]. *Botanical Journal of the Linnean Society* , **78** : 123 ~ 140
- Sargent E, 1903. A theory of the origin of monocotyledon founded on the structure of their Seedlings [J]. *Annals of Botany* , **17** : 1 ~ 92
- Takhtajan A, 1997. Diversity and Classification of Flowering Plants [M]. New York : Columbia University Press
- Titova G E, Batygina T B, 1996. Is the embryo of Nymphaealean plants(Nymphaeales S. L.) a dicotyledonous ? [J]. *Phytomorphylogy* , **46** (2): 171 ~ 190
- Wang Mao, Gu Angen, Jia Weiping, 1992. Morphological and anatomical studies on seedlings of *Aconitum coreanum* (Ranunculaceae). *Cathaya* [J], **4** : 151 ~ 160

图版 I 说明

CT. 子叶迹 ; X. 木质部 ; PH. 韧皮部 ; MT. 分生组织性组织 ; SV. 小维管束 ; P. 髓 1. 子叶节区纵切面, 示子叶迹汇合成 U 字形 $\times 70$; 2. 子叶节区下部横切面, 示 (形单中柱 $\times 140$; 3. 子叶节区中部横切面, 示周韧单中柱 $\times 140$; 4. 子叶节区中部横切面, 示均匀辐射的子叶迹 $\times 35$; 5. 子叶节区上部横切面, 示单中柱裂生成散生中柱中央的 4 个维管束 $\times 140$; 6. 上胚轴横切面, 示散生中柱 $\times 35$; 7. 胚根横切面, 示胚根薄壁细胞及外围子叶内的小维管束 $\times 70$; 8. 不定根横切面, 示星状中柱 $\times 140$

Explanation of Plate I

CT. cotyledon trace ; X. xylem ; PH. Phloem ; MT. Meristematic tissue ; SV. Small vascular bundle ; P. pith 1. Longitudinal section of CNZ showing the cotyledon trace converged into the U - shape $\times 70$. 2. Cross section of the lower part of CNZ showing the (- shape haplostele $\times 140$. 3. Cross section of the middle part of CNZ showing the haplostele with the xylem enclosed by the phloem $\times 140$. 4. Cross section of the middle part of CNZ showing the cotyledon trace extended into the cotyledon radiantly and evenly $\times 35$. 5. Cross section of the upper part of CNZ showing the haplostele divided into 4 vascular bundles of the central of the atacto - stele $\times 140$. 6. Cross section of the epicotyl showing the atacto - stele $\times 35$. 7. Cross section of the radicle showing the parenchyma cells of the radicle and the small vascular bundles in the cotyledon around the radicle $\times 70$. 8. Cross section of the adventitious root showing the actinostele $\times 140$.

