

中国特有植物篦子三尖杉的生物学特性及其保护

周 煜 胡玉熹 林金星 王献溥
(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘 要 本文综述了我国特有植物篦子三尖杉 (*Cephalotaxus oliveri* Mast.) 的生物学特性, 包括其外部形态特征、苗端、幼茎、叶、树皮、木材的内部结构、生殖生物学特性、花粉形态、化学成分、地理分布和分类地位等, 最后初步分析了篦子三尖杉的濒危机制, 并提出了几项保护措施。

关键词 篦子三尖杉; 生物学特性; 分类地位; 濒危机制; 保护措施

THE BIOLOGY AND CONSERVATION OF CEPHALOTAXUS OLIVERI MAST.

Zhou Yu Hu Yuxi Lin Jinxing Wang Xianpu
(Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100093)

Abstract The paper summarizes the previous works on one of the rare gymnosperms endemic species to China, *Cephalotaxus oliveri* Mast. which is considered vulnerable. The concerning literature on its morphology, structure, geographic distribution, ecological characteristics, chemical composition, systematic position has been reviewed. The threatening factors have been analyzed and several conservation measures have been proposed.

Key words *Cephalotaxus oliveri* Mast.; biological features; systematic position; endangered mechanisms; conservation measures

篦子三尖杉是一种古老的孑遗植物, 与三尖杉属其它种相比, 其形态结构、化学成分等生物学特性有着明显的差异, 因而成为一个很特殊的种, 并且在关于古代植物区系以及三尖杉科的系统分类学的研究中有着重要的科学价值; 其木材性能良好, 用途广泛; 它的叶、枝、种子和根中所提取的植物碱对白血病及淋巴肉瘤等病有一定疗效; 树皮可提栲胶; 种子可榨工业用油; 另外, 篦子三尖杉树型优美, 可作为庭园植物^[1]。但由于自身增殖能力有限, 加之人工采伐和生态环境破坏等原因, 篦子三尖杉的数量正日趋减少, 已被列为国家二级保护植物^[2], 中国红皮书将其定为稀有种^[3], 因此对于本种生物学特性和保护进行全面

1996-11-04 收稿

第一作者简介: 周 煜, 男, 1972 年出生, 硕士, 从事结构植物学研究。

和系统地研究, 具有十分重要的理论和实际意义。

1 篦子三尖杉的生物学特性

1.1 外部形态

篦子三尖杉为常绿小乔木或灌木, 高达 4 m; 小枝绿色, 基部宿存芽鳞, 通常对生; 叶条形, 质硬, 平展成两列, 排列紧密, 通常中部以上向上微弯, 叶长 1.5~3.2 (多为 1.7~2.5) cm, 宽 3~4.5 cm, 基部心状截形, 近无柄, 先端凸尖或微凸, 单脉序, 中脉不凸或微隆起, 或中下部隆起, 下部气孔带白色; 花雌雄异株, 雄花序生于去年生叶叶腋, 由雄花 6~7 朵聚生, 集成圆球状, 有短总梗, 每一雄花有雄蕊 6~10 枚, 基部各有一广卵形苞片; 雌花序生于小枝基部苞腋, 具长梗, 总梗上端具数对交互对生的苞片, 苞片腋部具 2 直立胚珠; 胚珠生于珠托上; 种子核果状, 单生或 2~3 个簇生梗端, 种子全部由珠托发育成的肉质假种皮所包被^[1]。

1.2 内部结构

1.2.1 苗端

篦子三尖杉的苗端在休眠期高约 62.1 μm , 直径约 207.0 μm , 其结构和大多数松杉类植物一样, 分为顶端原始细胞区, 亚顶端原始细胞区, 侧面分生组织区, 肋状分生组织区; 由顶端原始细胞进行垂周分裂产生表皮细胞, 同时平周分裂产生亚顶端原始细胞区; 亚顶端原始细胞区衍生出侧面分生组织区和肋状分生组织^[4]。

1.2.2 幼茎

篦子三尖杉的幼茎由表皮、皮层、叶迹、韧皮部、形成层、木质部、环髓带、髓组成; 表皮由单层细胞组成, 内面有 1~2 层皮下层细胞; 皮层中有的细胞含单宁, 有少数皮层细胞转变为石细胞; 轴向树脂道分布于皮层的“叶突”中部; 初生韧皮部中有纤维, 次生韧皮部由交替的切向筛胞带和韧皮部薄壁组织细胞带组成; 次生木质部中无薄壁组织细胞; 髓射线为单列; 在初生木质部与髓之间, 有一些体积小, 壁较厚的细胞构成的环髓带(髓鞘); 髓由大的薄壁组织细胞组成, 其中还散生一些石细胞^[4]。

1.2.3 叶

篦子三尖杉的叶片上表皮有角质层, 细胞呈方形或长方形, 细胞壁较薄, 上表皮下有一层稀疏的厚壁的皮下层细胞, 为分枝较少的星状石细胞, 长 256~694 μm ; 下表面细胞窄长方形, 细胞壁较厚, 叶脉两侧各有一宽气孔带, 每带 14~16 列气孔, 气孔陷于表皮细胞下, 多为双环型, 少数为单环型, 下表皮的角质突起较不明显, 气孔带区仅具单个散生的圆丘状或近长方形角质隆起。叶肉细胞 10~12 层, 栅栏组织单层, 约占叶片厚度的 1/4; 栅栏组织下面或叶脉两侧常有一些被认为是副转输组织的横向伸长薄壁组织细胞; 海绵组织细胞不规则, 间隙较大; 叶肉中具大量相互交织的丝状石细胞, 长轴多与叶脉垂直, 平均长 $1116.9 \pm 42.89 \mu\text{m}$; 叶缘和叶的两端分布少量星状石细胞和短石细胞。单叶脉位于叶片中间, 维管束鞘单层, 维管束由管胞、筛胞、薄壁组织细胞组成; 管胞具螺旋加厚; 筛胞侧壁具直径 2.5~3.5 μm 的圆形筛域; 转输组织位于维管束两侧, 翼状分布, 转输管胞壁有螺旋或网纹增厚和具缘纹孔, 为红豆杉型。树脂道一个, 直径 40~70 μm , 内生于远轴面, 具 2~3 层鞘细胞^[4, 5]。

1. 2. 4 树皮

篦子三尖杉的次生韧皮部轴向系统包括筛胞、韧皮薄壁组织细胞、蛋白细胞、韧皮纤维、石细胞。韧皮纤维木质化程度较低，径向直径小于切向直径，长 $1\ 152.5 \pm 28.2\ \mu\text{m}$ ，形成单层或2~4层细胞的切向带；每两条纤维带之间有切向的单层筛胞和单层韧皮薄壁组织细胞交替排列形成的多层细胞；筛胞长梭形，平均长度 $987.2 \pm 23.7\ \mu\text{m}$ ，椭圆形筛域集中在径向侧壁上；韧皮薄壁组织细胞轴向平均长 $183.3 \pm 5.3\ \mu\text{m}$ ，有些细胞内切壁镶嵌有形状不规则的草酸钙结晶，有些细胞含有树脂、单宁或淀粉；蛋白细胞间插在薄壁组织细胞带中，数量较少；石细胞少数，不规则，常聚集成团，间插在韧皮纤维带中或独自排成切向带。径向系统为单列同型的韧皮射线，一般1~6个细胞高；韧皮射线细胞横卧形，平均高 $20.4\ \mu\text{m}$ ，长 $46.8\ \mu\text{m}$ ^[4, 6]。

1. 2. 5 木材

根据我们观察，篦子三尖杉的次生木质部中，早材至晚材渐变，组成分子包括管胞、轴向薄壁组织和木射线。管胞具螺纹加厚，径向壁上有一列单列的具缘纹孔，纹孔圆形至卵圆形；射线单列，高1~8个细胞，但多为1~4列，射线细胞的水平壁散布有多个单纹孔；交叉纹孔式为云杉型；轴向薄壁组织细胞比管胞大，有淀粉等内含物，此等细胞在横切面上单个散布，纵切面上常轴向排列成一行。树脂道缺如。

1955年匈牙利木材解剖学家 Greguss 也对此种植物的木材作过描述，如：生长轮明显，无木薄壁组织细胞；射线1~12细胞高，单列，但较高的射线可能部分为双列，交叉纹孔直径4~5 μm ，近柏木型，木射线细胞水平壁上有不规则加厚，无纹孔，而切向壁平滑，常具缺刻^[7]。其中应指出的是他认为此种木材不具有轴向木薄壁组织细胞，并以此与三尖杉属其它种相区别，显然此一结论有误，而与我们的观察结果不符。

1. 2. 6 小孢子发生和雄配子体发育

第一年10月小孢子母细胞形成，12月进行减数分裂；第二年2月中旬四分体形成，以四面体形式排列；3月下旬二细胞时期的花粉成熟，其中生殖细胞透镜状，紧贴花粉壁；管细胞占据花粉大部分空间，核靠近生殖细胞；花粉传粉时经珠孔道进入胚珠，萌发出一个短的花粉管，生殖细胞分裂成精原细胞和不育细胞；4月花粉管开始休眠；第三年4月花粉管继续伸长，位于花粉管前端的精原细胞不断增大；5月穿透珠心与雌配子体接触，此时精原细胞体积增至最大，核变成长圆形，细胞质中心区形成星状体（stellate body），然后分裂出两个大小相近的精细胞，成熟时它们的体积会略有不同。最后花粉管顶端破裂，两个精子及其他内含物均进入颈卵器，管核和不育细胞很快解体。值得一提的是，受精前，花粉管中有许多拟核仁（nucleoloids），精子中也有，受精时都释放入卵细胞中^[8, 9, 10, 11]。

1. 2. 7 大孢子发生和雌配子体发育

第二年3月，雌性造孢组织形成；传粉前，珠孔端珠心细胞解体形成一贮粉室，传粉后珠孔端珠被内表皮细胞经横向分裂并伸长关闭珠孔，将落入珠孔内的花粉封藏。4月在合点端大孢子母细胞分化，成熟时长 $4.8\ \mu\text{m}$ ，内含几个大液泡，周围有一些同心圆状排列的细胞，大孢子母细胞减数分裂形成四分大孢子；第三年4月其中一个具功能的大孢子开始进行核分裂，形成许多游离核，雌配子体中心成为一大液泡，细胞质沿孢子壁边缘形成一薄层，游离核分布于其中；5月，经过12次有丝分裂后，开始形成细胞壁，最后细胞充满整个雌配子体，此时，珠孔端表面几个细胞增大形成颈卵器原始细胞，附近的细胞垂周分裂分化为一层套细胞，颈卵器原始细胞平周分裂成一初生颈细胞和一中央细胞，初生颈细胞分裂形成

二个并列的颈细胞，中央细胞伸长，后分裂成一卵细胞和一腹沟核，腹沟核很快退化，卵细胞成熟过程中胞质中液泡逐渐减少，出现多数形态各异、大小不等的拟核仁，成熟的卵细胞长约 $910\ \mu\text{m}$ ，宽约 $85\ \mu\text{m}$ ，合点端渐窄，而珠心端宽。每个配子体最后有 3~8 个颈卵器，多为 5 个^[8, 9, 10, 11]。

1. 2. 8 受精作用和胚胎发育

受精作用发生在 5~6 月，两枚精子中一枚大的具功能的精子与卵结合，在合子第一次有丝分裂的中期，精核与卵核的染色体发生融合，从而完成了受精作用的过程。受精卵细胞第一次分裂产生两个体积相等的原胚游离核，此后经三次同步分裂，形成 16 个游离核原胚，这时核间出现成膜体，其上形成细胞壁，原胚分成两层，下层 10~13 个不规则排列的初生胚细胞，上层 3~6 个细胞在朝向珠孔一面无壁，称为开放层。开放层细胞同步分裂产生上层和原胚柄层，上层细胞很快退化，原胚柄充分伸长后退化。初生胚细胞分裂使胚细胞数目加倍，胚细胞群顶端有 1~2 个冠细胞。胚基部细胞伸长形成次生胚柄。胚细胞多次分裂形成一圆柱状胚，然后开始分化。最外层分化为胚表皮层；靠近珠孔端的幼胚部分出现弧形排列细胞，其底部一些细胞形成根原始细胞，弧的上部细胞分化形成原形成层，原形成层周围细胞分化出胚皮层组织，弧的下部细胞分化成根冠；根冠出现时苗端也开始分化，形成 3~5 层细胞的丘状突起；苗端两侧子叶原基突起，原形成层随之向顶分化，并分别进入两个子叶。淀粉在胚发育过程中逐渐增加，胚成熟时，除苗端和根原始细胞外，胚细胞均充满淀粉。成熟胚包括子叶、胚轴、根冠、过渡区和次生胚柄，长约 7.2 mm，子叶发达，占胚长度的 4/5，下胚轴短，约 0.7 mm，苗端下部，原形成层上部有不典型髓，根冠较长，约 10~15 层细胞高，胚表皮细胞只延伸至根冠上部两侧^[8, 9, 10, 11]。

1. 2. 9 花粉特征

花粉粒近圆球状，直径为 $31.3\ (27.8\sim35.1)\ \mu\text{m}$ ；外壁薄，厚约 $1\ \mu\text{m}$ ；外壁外层由外面的颗粒层及其内面的微颗粒层组成，乌氏体少且表面有许多突起；内层由 5~7 层等厚的片层结构组成；花粉具一大薄壁区，占据远极面的一半，此处从外面能看到外壁内层^[12, 13]。

1. 2. 10 幼苗形态

子叶 2 枚，极少数为 3 枚^[7]，留土萌发，只具吸收功能而无光合功能，上胚轴和节间均伸长，形成明显的直立枝，先出叶鳞片状，向上逐渐过度为线形正常叶。根据裸子植物幼苗外部形态特征，通常可分为 3 个类型和 8 个亚型，篦子三尖杉则属苏铁型中的南洋杉亚型。应该指出的是，三尖杉属大部分种的子叶为出土萌发，兼具吸收和光合功能，属于松型中的杉亚型^[14]。

1. 3 化学成分

1. 3. 1 生物碱

现发现三尖杉属植物生物碱分两大类，一类是该属特有的粗榧类生物碱，第二类是高刺桐类生物碱。篦子三尖杉所具有的生物碱共 4 种，属于粗榧类生物碱的有粗榧碱、三尖杉酯碱和高三尖杉脂碱，属于高刺桐类生物碱的仅施汉墨碱。三尖杉酯碱和高三尖杉酯碱对人体淋巴系统白血病疗效较好，而篦子三尖杉中这两种生物碱含量较高，可作为抗癌药物的原料^[15]。

2. 3. 2 双黄酮

篦子三尖杉含有 3 种双黄酮：四甲醚、金松双黄酮、篦子三尖杉双黄酮。其中篦子三尖杉双黄酮 (oliveriflavone) 在该属其它种中都未发现，而在其它种中普遍存在的穗花杉双黄酮、高山世界爷双黄酮和银杏双黄酮在篦子三尖杉中均不存在^[16]。

1.4 地理分布

篦子三尖杉产于江西东部南丰与西北部铜鼓、奉新，广东北部仁化，广西东部龙胜、荔浦、大容山，湖南大庸、城步、绥宁、凤凰、沅陵、古丈、永顺、东安、龙山、桑植、慈利、桃源、宁乡、湖北西南部长阳、宣恩、宜昌、兴山，贵州北部梵净山、德江、绥阳及东南部黎平、荔波、平塘，四川东南部南川、筠连及中部峨眉山，云南西部云龙、龙陵，中部禄劝和东南部文山、麻栗坡、屏边等地，越南北部也有分布^[17, 18]。

1.5 生态与群落学特点

篦子三尖杉大多见于中亚热带区域，在东部地区主要见于海拔 1 300 ~ 1 500 m 以下砂页岩山地，而西部地区分布于海拔 1 500 ~ 2 700 m 的山地。分布区中心年平均气温 14 ~ 18 °C，极端最低温常达 -5 ~ -10 °C，年降雨量 1 300 ~ 1 600 mm，相对湿度 80% 以上，无论在酸性黄壤或黄棕壤，或是在微碱性的黑色石灰土和棕色石灰土都能适应生长。篦子三尖杉喜欢较阴湿的生境，大多零星生长在常绿阔叶林或山地常绿—落叶阔叶林内，为乔木层中、下层的偶见成分，数量少，频率低，种群组成不完整。它一般在 3 ~ 4 月间开花，9 ~ 10 月种子成熟。产子量不多，而且经常间隔几年才能结子一次。种子落地后在枯枝落叶层的覆盖下经过一年后熟作用才能萌发生长，萌发时需荫蔽环境，幼苗生长缓慢^[18]。

2 篦子三尖杉的分类位置

在三尖杉属中，本种具有一些独特的性状。如叶紧密排列，形如篦子，叶基部心状截状，叶下表面无明显的角质突起，叶上表皮下具有皮下层细胞，叶肉中有丝状或丝状分枝的石细胞；幼茎的皮层中含有大量初生韧皮纤维，髓部具少量石细胞；茎的次生韧皮部纤维切向直径大于径向直径，且木质化程度低，含不规则的短石细胞；花粉外壁薄且具大的薄壁区；胚胎发育中苗端在胚成熟前形成圆锥状突起，成熟胚子叶极长。幼苗子叶为留土萌发，属苏铁型的南洋杉亚型。另外，植物中所含生物碱及双黄酮的结构和组分和其它种差异较大。故此，现在有很多作者都支持将三尖杉属分为篦子三尖杉组 (Sect. *Pectinatea* L. K. Fu) 和三尖杉组 (Sect. *Cephalotaxus*)，前者仅包括篦子三尖杉一种，后者包括本属其它各种^[4, 5, 6, 8, 15, 18]。

3 篦子三尖杉受威胁的因素和保护

3.1 受威胁的因素

篦子三尖杉对生长条件的要求较高，雌雄异株，整个生殖周期较长，产子少，以及种子萌发率低，幼树生长缓慢，使此种植物的自然更新能力有限，加之大量无节制的人为砍伐利用，以致篦子三尖杉这一古老孑遗植物的生存正受到严重威胁。现今，篦子三尖杉分布区呈现严重片断化，特别是其散布在中低海拔亚热带森林的过度开发，生境质量正日趋下降^[17]。

3.2 保护措施

我国特有植物篦子三尖杉目前已被世界保护监测中心 (WCMC) 列为稀有种^[19]，被中国红皮书 (CPRDB) 列为渐危种^[17]，被国际松杉类植物专家组 (CSG) 列为第三等级，即渐危的第二类^[19]，所以应加强对这种植物的保护，以防其陷入更危险的地步。目前在篦子三尖杉分布的四川峨眉山、湖南双黄山和张家界已建立自然保护区，科学的管理工作正在逐步完善。但是，其他地方还应加强对篦子三尖杉的成熟个体与生境的全面保护，进行有效的迁地栽培，加强人工增殖。通常将收集的种子去掉假种皮后，在湿沙中度过一年的休眠期，种子播种后要遮荫，萌发出的幼苗 2 ~ 3 年后即可移栽^[17]。

参考文献

- 1 郑万均, 傅立国. 中国植物志 (第七卷). 北京: 科学出版社, 1987
- 2 国家环保局, 中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危保护植物名录 (第一册). 北京: 科学出版社, 1987
- 3 傅立国等. 中国植物红皮书 (第一集). 北京: 科学出版社, 1991
- 4 Hu Yu-shi, Fu-hsiung Wang. Anatomy and affinities of *Cephalotaxus* (Cephalotaxaceae). *Cathaya*, 1989, 1: 37~48
- 5 胡玉熹. 三尖杉属植物叶片结构的比较观察. 植物分类学报, 1984, 22 (4): 289~296
- 6 胡玉熹, 邵伟. 三尖杉属植物次生韧皮部的比较解剖. 植物分类学报, 1986, 24 (6): 423~427
- 7 Greguss P. (transl by L. Jocsik) Identification of living Gymnosperms on the basis of xylotomy. *Budapest Akademiai Kiado*, 1955
- 8 李莹, 王伏雄, 陈祖铿. 篦子三尖杉的胚胎学研究及其系统位置的探讨. 植物分类学报, 1986, 24 (6): 411~422
- 9 陈祖铿, 李莹, 王伏雄. 三尖杉属受精作用的研究. 植物学报, 1987, 29 (3): 253~257
- 10 Chen Zu-keng, Wang Fu-hsiung. On the embryology and relation of the Cephalotaceae and Taxaceae. *Cathaya*, 1990, 2: 41~52
- 11 Chen Zu-keng, Wang Fu-hsiung. The development and distribution of nucleobids and stellate body in sexual cells of *Cephalotaxus* and their taxonomic significance. *Cathaya*, 1992, 4: 57~68
- 12 中科院植物研究所形态室孢粉组. 中国植物花粉形态. 北京: 科学出版社, 1960
- 13 Xi Yi-zhen, Wang Fu-hsiung. Pollen exine ultrastructure of extant Chinese gymnosperms. *Cathaya*, 1989, 1: 119~142
- 14 叶能干, 光前, 廖海民等. 裸子植物的幼苗类型及其进化关系. 植物分类学报, 1993, 31 (6): 505~516
- 15 朱太平. 三尖杉属植物的生物碱研究及其化学分类问题. 植物分类学报, 1979, 17 (4): 7~20
- 16 马忠武, 何关福, 印万芬. 篦子三尖杉的新双黄酮—Oliveiflavone. 植物学报, 1986, 28 (6): 641~645
- 17 国家环境保护局, 中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危植物. 上海: 上海教育出版社, 1987
- 18 傅立国. 三尖杉属的研究. 植物分类学报, 1984, 22 (4): 277~288
- 19 贺新强, 林金星, 胡玉熹等. 中国松杉类植物濒危等级划分的比较. 生物多样性, 1996, 4 (1): 45~51