

桫欏濒危原因的探讨

程治英 陶国达 许再富

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊666303)

摘要 本文观察了西双版纳生境下桫欏 (*Alsophila spinulosa* (Hook.) Tryon) 生物学特性。桫欏濒危的可能原因是: 1. 桫欏孢子寿命短, 难萌发。2. 孢子—原叶体—孢子体的生活周期长, 并且在丝状体、原叶体和幼孢子体阶段, 无特殊结构去抵抗和忍耐一切不利环境因子的影响。3. 孢子萌发、形成配子和胚胎建成等过程对生境条件的要求严格, 因此桫欏的分布受到很大的限制。在现代气候条件下, 桫欏只能在温暖、湿润的热带、亚热带林地生存下来。一旦桫欏生栖的森林遭到破坏, 桫欏随之死亡。4. 桫欏是木本植物, 生殖周期很长, 不利于生存发展。5. 桫欏根很不发达, 树干内部的输导系统也较原始, 只能适应空气和土壤湿润的生境。6. 桫欏被人为的掠夺式的砍伐。针对以上情况, 提出了保护这一种质资源的措施。

关键词 桫欏; 孢子; 生物学特性; 濒危植物

A STUDY ON THE BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND THE ENDANGERING FACTORS OF *ALSOPHILA SPINULOSA*

Chen Zhiying, Tao Guoda, Xu Zaifu

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Academia Sinica, Mengla Yunnan 666303)

Abstract In this paper the authors report on the biological characteristics of *Alsophila spinulosa* (Hook.) Tryon. The reasons of endangering of this plant as follows. The life of the spores is too more short and the spores are very difficult to germinate. The biocycle from spore-prothallus-sporophyte is too long. They are very difficult to resist and tolerate adverse factors in various environment. It needs a strict habitat for spore germination gamete differentiation and embryogenesis. Therefore the distribution region is highly limited. And it is most suitable for *Alsophila spinulosa* to exist in the warm and humid tropical and subtropical forest under the contemporary climatic condition. When the forest which *Alsophila spinulosa*'s life relies on is destroyed, the fern will

be die. It is a woody plant. It has a long sexual cycle. The long sexual cycle makes the *Alsophila spinulosa* difficult to exist and develop. Because of owing poor adventitious roots and primitive vascular system, *Alsophila spinulosa* only adapts to humid habitats. Many of the ferns have been plundered by mankind.

In order to save the valuable gemplasm successfully, the folowing methods must be adopted. Lower temperature (10℃) and desiccating condition (relative humidity 30—50%) is of much help to storing spores and prolonging spore vitability. Using tissue culture techniques to propagate plantlets rapidly and cultivating the plantlets back to the original habitats. Moving the plants of *Alsophila spinulosa* from varies habitats into seminature protection areas for cultivation and conservation. Any forest which contains *Alsophila spinulosa* must be preserved.

Key words *Alsophila spinulosa*; Spore; Biological characteristics; Endangering plant

桫欏 [*Alsophila spinulosa* (Hook.) Tryon] 是由起源于距今1.8亿年前的侏罗纪的桫欏类植物演变而来〔1〕, 因此它对研究植物起源、进化和区系有重要价值, 现今常被人们称为“活化石”、“孑遗种”。据资料报道, 桫欏主要分布在中国、日本的南部, 东南亚(印度支那、泰国、缅甸)及东喜马拉雅一带(尼泊尔、锡金、不丹、印度东北部)。我国主要分布在南部热带和亚热带区域, 静风、高湿和荫蔽的生境中, 海拔高度范围是3000—2600米。桫欏种群达万株的有贵州, 达千株的有四川、云南。福建、广东、广西、海南和台湾等地种群较小。这些幸存的桫欏多生活在脆弱的生境中, 引起了我国植物学家的重视和焦虑。在他们的倡导下, 1984年10月9日桫欏被列入我国首批重点保护植物, 以红皮书的形式公布于世。毕世荣等〔2〕用桫欏幼叶进行组织培养, 证实了人工无性繁殖的可行性。1986年我国林业部下达了拯救濒危种桫欏等的课题, 委托西双版纳等单位承担。1987年在贵州建立了我国第一个桫欏自然保护区。本文属于拯救濒危种桫欏课题的一部分工作。

1. 桫欏孢子叶生物学特性观察

桫欏的叶片为二回羽状复叶(小羽片羽状深裂), 大型, 长1—3米, 宽1米左右, 簇生于高达4米以上(少数高达10米)的挺直茎干的顶部。叶片纸质, 厚约200毫微米。上、下表皮均由一层排列紧密的细胞组成, 下表皮层略厚, 分布着气孔, 属于无规则类型。气孔大小平均为 54.2×35.2 毫微米, 125—144个/(mm^2)。叶肉无栅栏组织和海绵组织的分化, 自上而下由7—9层左右近球形或不规则形细胞构成, 下半部气室较多, 细胞排列疏松, 上半部无气室且细胞排列紧密。

在西双版纳地区, 桫欏每年约有8个月左右的时间孕育、生长新叶。在成年植株上, 部分叶片的背面产生孢子囊群, 成熟的孢子囊在适宜条件下, 能自动散落孢子。每年如此, 只是受气候影响呈现孢子产量高低的变化。调查表明: 桫欏能育叶片多集中在2—3月孕育孢子囊群; 4月孢子囊群发育, 呈绿色; 5月孢子囊群浅褐色, 孢子趋于成熟; 6月孢子囊群呈褐色, 孢子开始成熟。采集工作可以从6月底一直持续到次年1月左右。每片叶产生孢子的数量极为可观, 据11月初采集叶片时估算, 平均每片叶可收获孢子13.5克, 约含 1.1×10^8 — 2.7×10^8 个孢子。

2. 桫欏孢子囊群、孢子囊及孢子的生物学性状

在桫欏成熟羽状复叶的披针形裂片的背面, 分叉小脉上近圆球形的孢子囊群。每个囊群内含有孢子囊76—139个, 平均为93个。孢子囊为多细胞结构, 由柄、环带和裂口带等组成。裂口带由薄壁细胞组成, 是孢子囊横向裂开弹射出孢子的地方。每个孢子囊内含16个孢子。孢子为圆三角形, 三边内凹(极面观), 或为超半圆形(赤道面观), 外壁有颗粒状纹饰。在西双版纳采集的孢子大小为 61.4×44.9 毫微米(极面观)和 57.3×42.1 毫微米(赤道面观)。

同一株桫欏各叶片上生长的孢子囊发育不同步, 即使同一片叶上的孢子囊发育也不同步, 我们收集孢子时见到孢子成熟度、大小不一致。由于孢子较微小, 它的传播除借助孢子囊的特殊结构开裂时形成的机械力外, 还可以借助水力和风力。在我们的试验中, 观察到孢子有休眠期, 长达一年左右, 采用植物激素类物质和化学药品处理孢子, 可打破休眠。孢子在室温($24 \pm 5^\circ\text{C}$)下存放, 8天左右便丧失生活力。在低温(10°C)和室温较干燥的条件下(空气湿度30—50%)贮藏孢子, 可延长桫欏孢子寿命达一年以上。

3. 桫欏孢子囊开裂与空气湿度的关系

取发育较同步的、长有成熟孢子囊的桫欏叶片的小羽叶(长8厘米, 宽2厘米, 约含孢子囊群388个), 放入由各种无机盐饱和溶液(MgCl_2 饱和液代表约30%的空气湿度, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 饱和液示60%的空气湿度, NaCl 示70%的空气湿度, KCl 示80%的空气湿度, BaCl_2 示90%的空气湿度, H_2O 示100%的空气湿度。)配制成的不同空气湿度的密封瓶内。每处理重复3次。观察结果表明: 孢子囊开裂所需时间和弹射孢子持续时间与空气湿度密切相关。当空气湿度达饱和时, 孢子囊始终不开裂。空气湿度约为90%时, 孢子囊23小时后开裂, 孢子散落时间为360个小时。空气湿度约为80%时, 孢子囊16个半小时开裂, 孢子散落时间为240小时。当空气湿度为30—70%时, 孢子囊开裂时间相近似, 约为15小时, 但孢子散落持续时间不同, 分别是12、48和120小时。(实验在 $26 \pm 2^\circ\text{C}$ 下进行)。

4. 桫欏对不同生境的适应性

根据自然保护学制定的原地保护、离地保护和离体保护措施, 我们相应地采用实验室、人工网室、半自然生态区和天然森林区域4条途径对桫欏生存的生态因子进行观察和分析。

在实验室对桫欏孢子进行离体贮藏试验和无菌培养。采用分期做孢子萌发试验结合染色法〔4〕来检验贮藏孢子寿命, 筛选最佳保存孢子的条件。离体培养是让孢子等外植体在无竞争有机体, 较恒定的条件下快速生长发育, 能人为的控制环境因子, 观察孢子萌发、丝状体细胞分裂平面的转变, 原叶体的发育以及孢子体形成的反应, 从而找出有利桫欏繁殖的条件和程序。人工离体培养, 有充足的营养供给, 培养温度 $19-27.6^\circ\text{C}$, 空气湿度近饱和, $\text{pH}5.8$, 光照强度 2000lx 。在这样的条件下, 孢子萌发最快为46天, 萌发率达90%以上。从孢子—丝状体—原叶体—幼孢子体的整个生活周期费时约10个月。而在自然界, 孢子要选择适宜的地方度过休眠期, 萌发率很低; 存活的孢子萌发后还要经历生境中各种不利因子的威胁和危害, 长成孢子体的机率更小, 费时长达一年以上。

人工网室内温度是 $17.9-26.6^\circ\text{C}$, 空气湿度90%左右, 荫蔽度90%以上, 有光斑射入。土壤肥力中等, 土壤含水量13.7—30.8%, $\text{pH}6.7$ 。从森林中挖回高0.3米左右的

桫欏幼苗定植其中，几乎全部成活。桫欏幼苗在网室内1年约可长8片叶。网室提供了观察桫欏个体生长发育对外界条件的需求和承受反应较方便的场所。半自然生态区温度范围是16.9—25.6℃，空气湿度88.5%，荫蔽度95%，但有活动光斑射入林中，土壤肥力中等，pH6.4，土壤含水量18—18.4%。迁移桫欏幼苗定植在内，成活率为12—60%（移苗半年至1年统计的）。存活的苗将用来观察搬迁桫欏群体对新居住地条件的耐受性。从上述实验可以看出：将桫欏幼苗从原居住地迁移到人工网室和半自然生态区，影响幼苗成活的关键不是土壤pH值，而是荫蔽度、空气湿度和土壤含水量，设法满足90%以上荫蔽度和较高的空气湿度和土壤含水量，且排水性好，迁移成功的可能性是大的。

天然森林（实际上是遭受一定程度破坏的原始森林）区域内的桫欏，多生长在靠近水源的30—40度坡地上，空气湿度88%，温度16.2—21.4℃，荫蔽度90%以上，有间断的、短时间的活动光斑射入林内，土表枯枝落叶层厚0.5厘米，土壤肥沃，土壤pH5.1—5.4，土壤含水量30.9%。林中桫欏生长良好，能缓慢地进行世代交替，采集中可见到数米高的成年植株和0.5米左右的幼株。孢子体间距离约5米，但也有个别情况是两株孢子体合长在一起的。在成年桫欏植株树冠下直径10米左右的地面上，没找到孢子萌发后转变成的原叶体和幼孢子体。Schwabe (1951) 和Conway (1957)^[5]证实脱落的欧洲蕨（bracken）叶片在树下腐烂产生了抑制孢子萌发和生长发育的物质。可能桫欏也存在类似的情况，有待证实。

5. 桫欏濒危原因的分析

桫欏在漫长的演化过程中，形成了适应生存的一些特性。如产生大量的孢子；孢子体各叶片成熟有先后，同一叶片上的孢子发育也不同步；加之孢子成熟时的6月底—10月为热带、亚热带区域的雨季，11—1月虽是干季，但有浓雾，使空气湿度保持在90%左右，这样桫欏孢子囊开裂和散落孢子的时间也大大延长，这些都有利于桫欏孢子传播到适合度过休眠期、具备萌发条件的地方。微小的桫欏孢子，便于借助外力传播到较远的距离。成熟孢子具有休眠的特性，有利于孢子在迁移中承受各种不利条件（如大气中的低温、低气压和紫外线等因素）的危害。上述有利桫欏传播、繁衍的特性，并未使它大量繁殖或迁移、占领新的区域，至今反而成为人们重点保护的濒于灭绝的植物。什么原因呢？据我们初步试验和观察，引起濒危的原因可能是（1）桫欏成年株每年产生孢子数量虽多，但死亡也多。孢子散落在不适宜生存的条件下，寿命只有7—8天，即使落在适宜的地方，能安全度过休眠期保持存活，但孢子萌发要求条件也苛刻，如要有水存在，还要有24—48小时的黑暗和一定营养条件，具单细胞结构的孢子，作为繁殖器官，它不具有被子植物种子萌发时供给营养的器官——子叶和胚乳，仅类似被子植物的花粉粒。这些导致孢子萌发难。作为对照的下延三叉蕨（*Tectaria decurrens*），尽管孢子也微小，但以自来水作培养基质，几天后便可萌发，并能发育成原叶体（程治英，未发表）。（2）在自然界，有幸存活的孢子，从萌发至形成幼孢子体这一过程，费时达1年以上；湿度、温度等生态因子的变化，都可能影响萌发孢子的生死存亡，或延迟和抑制孢子萌发后的发育进程。孢子萌发后形成的几个裸露细胞的丝状体和小而幼嫩的细长心形的原叶体，都无特殊的保护自己的结构与其它生物竞争，也无适应变化的能力去抵抗和忍受恶劣环境因子的袭击。如可能被森林中小动物（蜗牛、蛞蝓等）吃掉，遭

大动物(兔、野牛等)的践踏和干旱而死等。(3) 桫欏孢子萌发、形成配子体和胚胎建成等过程要求生境严格,值得提出的是需要水,在原叶体阶段,腹面后半部中肋处的精子器内的游动精子,没有水存在时是不可能越过0.3毫米左右的距离到达腹面上凹口处的颈卵器,并通过几个细胞长的颈进入其内与卵结合形成胚胎,孕育孢子体。这种发育对环境的依赖性限制了它只能在一定孤立的区域生栖繁衍,而成年株周围5米范围内也限制了生长桫欏幼株,因此适宜生长的区域更小了。尽管偶尔桫欏也能侵入并幸存在新的森林区域,但它竞争不过当地生长迅速的植物。(4) 桫欏是木本植物,生殖周期很长,生殖过程在离体情况下进行,成熟的原叶体借助于假根从土中和湿润的空气中吸收营养和水分,和由充满叶绿体的细胞行光合作用,制造营养来支付原叶体产生性器官(精子器、颈卵器)、性细胞(游动精子、卵)以及胚胎发育,发育进程完全受变化的环境控制,因此不利于生存发展。(5) 桫欏无完善的根系。桫欏木质茎干下部,长出许多不定根,有的伸进土中或紧紧附着在岩石上,有的相互交织在一起,覆盖在茎干的下部,起着固定高大木质茎干的作用和吸收水分、矿物质的作用。桫欏茎干内部的输导系统也较原始,近基部一、二节保留比较原始的原生中柱,向上逐渐发育为管状中柱,再向上才是较进化的多环式网状中柱,皮层较狭窄,这种结构很难适应现存变化较大的生境。(6) 由于原始森林逐年被破坏,西双版纳森林面积已由50年代的55%,下降到80年代的28.7%。当然桫欏赖以生存的温暖、潮湿、荫蔽、水分充足、土层肥厚和排水良好的环境受到毁坏或消失,桫欏本身也就受到威胁或毁灭。(7) 人为直接砍伐,使生长数年的、或几十年的桫欏毁于一旦,被整车拉去栽培兰花,制做笔筒等工艺品,或成为小商的草药等。

6. 建议

为了拯救这一珍贵的种质资源,在实验室进行桫欏孢子的保存和人工快速繁殖是必要的,所得试管苗待长到一定高度,返回大自然中生境条件适宜的林区是可行的。另外,还可以进行一项时间较长的实验研究,根据桫欏种群小,目前星散分布于多处的特点,可收集各地桫欏孢子,进行人工快速繁殖,让所得试管苗集中定植于半自然生态区。由于群体来自不同的地方,有可能出现变异,这有利于达到平均适应性的最大值,导致对环境的不断增进性适应,从而使它产生的个体向外迁移,以利自然选择。适应性好的后代,也将提供较多的子代,这无疑对桫欏的生存、适应有积极意义。另外采取有力措施,保护目前尚有桫欏的森林也是当务之急。

致谢 朱维明先生、武素功先生审阅文稿和提出修改意见。

参 考 文 献

- 1 卓平,植物杂志 1997; (1): 35—37
- 2 毕世荣,苏成端,徐正兰等,植物生理学通讯 1985; (1): 35
- 3 上海粮食科学研究所,上海粮油科技 1978; (4): 17—28
- 4 陈家瑞,植物杂志 1987; (4): 24—25
- 5 Pter, A. F. The Experimental Biology of Ferns, London, New York, San Francisco; Academic Press 1979; 570—571