

# 中华球孢虫显微与亚显微观察

李媛 赵元君\* 索栋

(重庆市动物生物学重点实验室 重庆师范大学 重庆 400047)

**摘要:**运用光镜和透射电镜对中华球孢虫 (*Sphaerospora chinensis*) 的结构与发育特点进行观察。结果表明,中华球孢虫呈卵圆形,孢质均匀。极囊和极丝都有透明中间层包围,极丝有粘性且易释放;孢子母细胞边缘有壳瓣形成体,是壳瓣细胞的发育起点,成熟孢子的壳瓣外周有突起的条纹,但两个壳瓣的条纹不尽相同,两个壳瓣之间以紧密连接的方式相连;孢质母细胞的发生属单孢子发育模式;随着细胞的成熟,球孢虫所含的内质网、微管等结构会退化乃至消失。文章还讨论了中华球孢虫极丝易释放性与其对寄生方式适应性的关系。重庆为该虫新分布区。

**关键词:**中华球孢虫;鳃寄生虫;显微结构;亚显微结构

**中图分类号:**Q954 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2009)04-82-07

## Microstructure and Ultrastructure of *Sphaerospora chinensis*

LI Yuan ZHAO Yuan-Jun\* SUO Dong

(Key Laboratory of Animal Biology of Chongqing, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

**Abstract:** *Sphaerospora chinensis* has experienced a complicated and confused naming process, but we have corrected this misleading situation in paper. We observed its structure by both light microscopy and electron microscopy. The whole shape of *S. chinensis* was ovoid and its polar capsules were surrounded by a lucent central layer, and so did the polar filament. Valve cells were originated from valve-forming body, a special tiny structure at the edge of pansporoblast. The two valves were jointed by tight junction in mature individuals. The two valves of spore both had several lines of stripes on the outer surface, but they were different in shape and colour to some extent. *S. chinensis* showed gill-parasitized and monosporous pansporoblasts. With the development of *S. chinensis*, organelles such as endoplasmic reticulum and microtubules degenerated or even disappeared. The extrusion of polar filament from polar capsule was a common phenomenon which suggested that the tendency of extrusion was likely due to the way of parasitism, i. e., the sticky polar filament contributed to making the spore adhere to the gill filament. Chongqing was found to be a new distribution place of this species.

**Key words:** *Sphaerospora chinensis*; Gill-parasite; Microscopic structure; Ultrastructure

球孢虫 (*Sphaerospora*) 隶属于粘体门双壳目粘孢子虫纲,是一类主要以鱼类为寄主的微型寄生虫,多数种类寄生于寄主的输尿管、前肾、膀胱、肾等器官,少数种类寄生于鳃<sup>[1,2]</sup>。由于虫体微小,肉眼不能直接观察,除了使用光学显微镜观察外,许多特点往往还需要借助电镜观察。Desser, Supamattaya, Sitja-Bobadilla, Jirku 等人已分别对不同的球孢虫做过亚显微结构的研

究<sup>[3-6]</sup>。中华球孢虫 (*S. chinensis*) 是目前仅在中国发现的一个虫种,已在湖北、浙江、广东等

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 30570221), 重庆市自然科学基金重点项目 (No. CSTC-2006BA1019);

\*通讯作者, E-mail: zhaoyuanjun@hotmail.com;

第一作者介绍 李媛,女,硕士研究生;研究方向:鱼类寄生虫学及病害学; E-mail: lyfhw@hotmail.com.

收稿日期:2009-02-09, 修回日期:2009-05-03

多个地区的不同鱼类中有过报道<sup>[7-10]</sup>。然而迄今几乎所有对该虫的研究报道都停留在显微结构层面上的描述,尚未见到超微结构的研究报道。本文在光镜观察的基础上,通过电镜观察,旨在进一步丰富对中华球孢虫的认识,并对其精细结构、发育特点及寄生特性等进行研究。

## 1 材料与方法

**1.1 材料来源** 寄主鱼鲫 (*Carassius auratus*), 于 2008 年 1 月 22 日采集于重庆市沙坪坝区,解剖 4 条鲫鱼,其中一条鱼的鳃丝被中华球孢虫感染。

**1.2 样品制备** 取新鲜鳃丝涂片后,在 NIKON-E600 光镜下观察,可见球孢虫分散于鳃丝组织中,不形成孢囊。用 NIKON-CCD1200 拍照,并按照 Lom 等提倡的方法进行记录和描述<sup>[11]</sup>。然后,于 NIKON-TS100 倒置显微镜 400 × 下,用毛细管将载玻片上的中华球孢虫逐个转入干净离心管中,并置于 HERMLEZ-323 K 型离心机中,以 500 r/min 的转速离心 10 min,去上清,反复多次,以去除杂质并富集虫体。虫体在 2.5% 的戊二醛和 1% 的锇酸中各固定 2 h, 然后进行丙酮梯度脱水,每次 15 min 并用环氧树脂包埋;在 LKB-V 型超薄切片机下切出半薄切片,厚度约为 1~2 μm;经半薄切片定位后,切出约 50 nm 厚的超薄切片,并用醋酸铀和柠檬酸铅进行铀染和铅染,最后置于荷兰飞利浦 TECNAI10 电镜下观察。

## 2 结果

**2.1 显微结构重描述** 光学显微镜下,成熟的中华球孢虫的顶面观呈卵圆形,孢质均匀,孢子中央有两个圆形的极囊,占据约一半孢子空间(图版 :1);缝面观,缝脊直而明显,极囊呈梨形,排列在缝线两侧(图版 :2);壳面观两端稍尖,整体呈桃核状(图版 :3);极丝粗而明显,通常盘旋 4~6 圈(图版 :4);部分虫体出现极丝释放现象,极丝释放出来的时候仍呈卷曲状(图版 :5);部分样品可见虫体表面的皱褶和突起(图版 :1,6),少数虫体中可见 1~2

个胚核。

虫体量度 ( $n = 38$ ): 孢子长 8.0~10.4 (8.81 ± 0.69) μm, 孢子宽 7.4~10.1 (8.80 ± 0.65) μm, 孢子厚 8.0~10.3 (9.30 ± 0.59) μm; 极囊长 5.0~6.0 (5.21 ± 0.30) μm, 极囊宽 4.0~5.0 (4.53 ± 0.32) μm。

**2.2 亚显微结构描述** 透射电镜下,中华球孢虫的成熟孢子缝面观近球形,缝线明显(图版 :1),包含有两个明显的极囊(polar capsule, Pc)。极囊的横切面和纵切面均显示:极囊内部为电子致密结构,存在大量的颗粒状物质。极囊外被一圈透明中间层(lucent central layer, Lu)以及一圈包围其外的致密的外层(dense outer layer, De)(图版 :2,3)。极丝也被外围的一圈透明带所包裹。有的极囊顶端可看到一个塞状结构(plug, P),此处即为极丝释放的通道。紧挨极囊处可观察到极囊核的存在,极囊核近圆形或椭圆形,呈黑色实心状(图版 :1,4)。孢子内充满大量孢子质(图版 :4~6)。两个壳瓣外周的形状和颜色有所不同,具体表现为:在虫体的壳瓣外周,一个壳瓣外缘表现为膜状结构且颜色较浅;而另一个壳瓣外则为数条较规则的突起,颜色较深(图版 :1,5,6)。

发育中的孢子,极囊原基周围往往分布有外管(external tube, Et)(图版 :4),外管形状呈指状,内有深色基质,而在发育成熟的极囊周围未观察到此类结构。发育中的极囊附近可见极囊核的存在,极囊核近球形(图版 :4)。孢子含内质网(endoplasmic reticulum, Er)、微管(microtubule, Mt)、糖原颗粒(glycogen body, Gb)等细胞器结构。内质网和糖原颗粒在孢质中的位置不固定,而微管则多出现在外管末端、缝线、壳瓣细胞等处(图版 :4)。壳瓣细胞随着发育逐渐变得狭长,在孢子完全成熟以后,细胞器等内部结构逐渐退化消失,壳瓣细胞也增厚变为两个壳瓣,成熟孢子的壳瓣细胞核已经退化(图版 :6)。两个壳瓣间靠紧密连接在缝线处接合在一起(图版 :7)。发育中的中华球孢虫孢子母细胞中央为孢质母细胞,孢质母细胞的细胞质中含孢质形成体(sporoplasmosomes,

Sp), 孢质母细胞被一层膜状结构包围, 与周围物质隔开; 孢子母细胞边缘存在的数个黑色点状结构为壳瓣形成体 (valve-forming bodies, VfB) (图版 :8)。

### 3 讨论

**3.1 种类鉴别** 迄今为止, 至少已报道 43 种球孢虫<sup>[12]</sup>。中华球孢虫最初由 Lee 和 Nie 于 1965 年在湖北黄冈望天湖的鲤 (*Cyprinus carpio*) 鳃丝上分离获得, 并于 1973 年以鳃丝球孢虫 (*Sphaerospora branchialis*) 为种名在《湖北省鱼病病原区系图志》上报道<sup>[7]</sup>。然而, 早在 1967 年 Razmashkin 和 Skripchenko 已采用 *S. branchialis* 为另一球孢虫命名<sup>[8]</sup>。根据命名优先权原则, Lom 等 1983 年将 Lee 和 Nie 描述的 *S. branchialis* 重命名为 *S. chinensis*<sup>[9]</sup>, 但陈启鏊等 1998 年又将此物种再命名为 *S. sinensis*<sup>[10]</sup>, 则使得 *S. sinensis* 与 *S. chinensis* 形成了同物同义异名的现象。综上, 中华球孢虫的有效拉丁名应为 *Sphaerospora chinensis* (Lee & Nie, 1973) Lom *et al.* 1983。本研究获得的中华球孢虫常以非孢囊方式分散寄生鲫鳃丝上, 这与 Lee 和 Nie 报道的中华球孢虫寄生于鲤鳃丝时不形成孢囊的状况类似<sup>[7]</sup>。

据记载, 中华球孢虫可寄生于鲤、鳙 (*Aristrichthys nobilis*)、鲫、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 等寄主<sup>[7,10]</sup>, 本研究提供了该虫种寄生鲫鳃丝的详细描述。重庆是该虫的新分布地区。

**3.2 极囊和极丝** 极囊外围由透明中间层及颜色较深的外层致密层构成, 这与 Cannon 等所总结描述的极囊组成情况极为一致: 即极囊由可耐受碱性物质水解的透明层和颜色较深、可能为类蛋白质物质构成的外层包裹而成<sup>[13]</sup>。

关于极丝的释放, 已有较多的研究<sup>[13,14]</sup>。Xiao 等曾通过实验研究放射孢子虫 (*Actinospora*) 极丝的释放, 发现鱼的黏液与湖水混合的混合液能让极丝有较好的释放效果<sup>[14]</sup>。本研究中, 无论是在光镜或电镜观察中, 均较容易观察到中华球孢虫出现壳瓣打开、

极丝释放的现象。事实上, 我们采用直接将新鲜的鳃组织涂片, 即把球孢虫置于一种寄主鱼血液、组织黏液及外界水体混杂的环境中, 这样的环境类似于 Xiao 等<sup>[14]</sup>的实验环境。故本研究中, 黏液与水的混合液可能是刺激中华球孢虫极丝释放的诱因之一。

另外, 球孢虫极丝容易释放的特点可能与其不易形成孢囊的寄生方式密切相关, 因为球孢虫的极丝具有粘性并能辅助粘孢子虫附着寄主发挥作用<sup>[13]</sup>。Desser 等人也有类似观点, 即球孢虫不论是腔隙寄生 (以棱角球孢虫 *S. angulata* 为例) 还是组织寄生 (以莫奈球孢虫 *S. molnari* 为例), 都不易形成孢囊, 这成为球孢虫与其他类群粘孢子虫不同的寄生特点之一<sup>[2,3,7]</sup>。

**3.3 外管和微管** 在极囊发生过程中, 外管是粘孢子虫早期发育中普遍存在的一个结构, 它参与极囊的发育, 这在楚克拉虫 (*Zschokkella*)、角形虫 (*Ceratomyxa*)、碘泡虫 (*Myxobolus*)、球孢虫等类群中都有报道<sup>[3,15]</sup>。本研究中, 中华球孢虫未成熟孢子也具有明显的外管结构, 外管的内部是致密的, 与底鳃碘泡虫 (*M. funduli*)、耶氏碘泡虫 (*M. jiroveci*)、粗糙两极虫 (*Myxidium trachinorum*)、诺氏弧形虫 (*Sphaeromyxa noblei*) 等的情况一致<sup>[15-17]</sup>; 而与赫氏楚克拉虫 (*Z. helmii*) 中外管填充了粗细不一的颗粒状物质的情况则有所不同<sup>[15]</sup>。尽管极囊形成的完整过程在本研究中未观察到, 但在成熟孢子中, 外管则极少存在或完全消失, 这可能正是 Abdel-Ghaffar 描述的情形, 即外管开始分化并内化进入极囊原基并逐渐消失<sup>[18]</sup>。

微管作为粘孢子虫一种重要的结构, 在多种粘孢子虫, 如棱角球孢虫、莫奈球孢虫、诺氏弧形虫以及面包库道虫 (*Kudoa paniformis*) 中都普遍存在<sup>[3,17,19]</sup>。而关于微管的作用, Abdel-Ghaffar 等人认为, 微管在缝线的形成、孢子内外环境的交流中发挥重要作用<sup>[15]</sup>。经观察, 中华球孢虫的微管在缝线、壳瓣细胞等处确有较多分布, 但是随着孢子的成熟, 微管会逐渐消失或退化。此时, 孢子内外交流是否还持续、是否

有其他结构承载交流功能等都还不明确。

**3.4 孢质细胞** 在面包库道虫、沙斯塔角形虫 (*C. shasta*)、圆形碘孢虫 (*M. rotundus*)、放射孢子虫等虫体中<sup>[19~22]</sup>。早期发育阶段都有较丰富的细胞器存在,在成熟孢子中此类结构处于退化状态,形态结构不明显,较为稀少。成熟的中华球孢虫孢子的孢质大,几乎充满整个孢子腔,在部分虫体中只能见少量的内质网、糖原颗粒等细胞器的存在,这表明孢子发育已到达较为成熟的阶段。本研究在此点佐证了吴英松等人曾提出的随着孢子的成熟大部分细胞器都会减少或消失的观点<sup>[21]</sup>。

**3.5 壳瓣细胞** 包围孢质细胞的结构为两个壳瓣细胞,壳瓣细胞的发育起源于位于孢子母细胞边缘的壳瓣形成体,发育中的壳瓣细胞通常会有一个较扁平的细胞核<sup>[15]</sup>,两个壳瓣以紧密连接的方式相连,这与吴英松等提出的在圆形碘孢虫中壳瓣间以桥粒在缝线处接合的报道不同<sup>[21]</sup>,这表明粘孢子虫壳瓣间的连接,可能因种类不同而有差异。

尽管 Jirku 等人在对球孢虫属进行修订时,认为组成孢子的两个壳瓣是完全相同的<sup>[6]</sup>,但我们在电镜下观察到两个壳瓣存在外围颜色和形态的差异,有可能是由于染色技术及效果或者切片角度不同等原因所造成,也或者确实存在两个壳瓣细胞不完全相同的可能性。而有关两个壳瓣是否完全相同的问题,做进一步的研究将是十分必要而有意义的。

**3.6 孢子发生** Desser 等人观察到莫奈球孢虫的泛孢子母细胞是单孢子发生型,棱角球孢虫、鰕虎球孢虫 (*S. gobionis*)、辜居球孢虫 (*S. testiculari*) 的泛孢子母细胞则是双孢子发生型<sup>[2,5]</sup>;而 Jirku 观察到蛙球孢虫 (*S. ranae*) 的泛孢子母细胞为每一原生质体可以发育形成 1~4 个孢子<sup>[6]</sup>。与莫奈球孢虫一样,中华球孢虫的泛孢子母细胞属单孢子发育模式。就其寄生部位而言,本种与莫奈球孢虫同属鱼类鳃组织寄生虫;而与棱角球孢虫和鰕虎球孢虫寄生于鱼类肾小管,辜居球孢虫寄生于鱼类的肠黏膜、鳃等位置不一样,后三者均属寄生鱼类鳃以

外组织、器官的寄生虫。蛙球孢虫则是寄生在蛙肾内的寄生虫。上述现象提示,球孢虫这种发育模式上的差异可能与其寄生特性(如寄主、寄生位置)的不同有一定关系,这种差异可能源于其寄生于不同寄生环境的一种适应性表现。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Hedrick R P, Goff J M, McDowell T S. Gill Sphaerosporosis in goldfish (*Carassius auratus*). *Journal of Wildlife Diseases*, 1990, **26**(4): 558 ~ 560.
- [ 2 ] Lom J, Pavlák M, Dyková I. Notes on kidney-infecting species of the genus *Sphaerospora* Thóhan (Myxosporae), including a new species *S. gobionis* sp. nov., and on myxosporean life cycle stages in the blood of some freshwater fish. *Journal of Fish Diseases*, 1985, **8**: 221 ~ 232.
- [ 3 ] Desser S S, Molnar K, Horvath I. An ultrastructural study of the Myxosporaeans, *Sphaerospora angulata* and *Sphaerospora carassii*, in the Common Carp, *Cyprinus carpio* L. *The Journal of Protozoology*, 1983, **30**(2): 415 ~ 422.
- [ 4 ] Supamattaya K, Fischer-Scherl T, Hoffmann R W. Renal Sphaerosporosis in cultured grouper *Epinephelus malabaricus*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 1990, **8**: 35 ~ 38.
- [ 5 ] Sitja-Bobadilla A, Alvarez-Pellitero P. *Sphaerospora testicularis* sp. nov. (Myxosporae: Sphaerosporidae) in wild and cultured sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), from the Spanish Mediterranean area. *Journal of Fish Diseases*, 1990, **13**: 193 ~ 203.
- [ 6 ] Jirku M, Fiala I, Mody D. Tracing the genus *Sphaerospora*: rediscovery, redescription and phylogeny of the *Sphaerosporaraneae* (Mörelle, 1929) n. comb. (Myxosporae, Sphaerosporidae), with emendation of the genus *Sphaerospora*. *Parasitology*, 2007, **134**(2): 1 727 ~ 1 739.
- [ 7 ] 陈启鏊编著. 湖北省鱼病病原区系图志. 北京: 科学出版社, 1973, 64.
- [ 8 ] Razmashkin D A, Skripchenko E G. Fish disease in pond fish husbandries of Western Siberia and Ural. (in Russian) In: Ozmoe i prudoe khozjaistvo v Sibirii i na Urals. SSSR: Tyumen, 1967, 25 ~ 27.
- [ 9 ] Lom J, Dyková I, Pavlák M, et al. *Sphaerospora molnari* n. sp. (Myxozoa, Myxosporae), an agent of gill, skin and blood sphaerosporosis of common carp in Europe. *Parasitology*, 1983, **86**: 529 ~ 535.
- [ 10 ] 陈启鏊, 马成伦编著. 中国动物志 粘体门 粘孢子虫纲. 北京: 科学出版社, 1998, 277 ~ 278.
- [ 11 ] Lom J, Arthur J R. A guideline for the preparation of species

- descriptions in Myxosporea. *Journal of Fish Diseases*, 1989, **12**:151 ~ 156.
- [12] Chen S C, Kou R J, Wu C T, *et al.* Mass mortality associated with a *Sphaerospora*-like myxosporidean infestation in juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (L.), marine cage cultured in Taiwan. *Journal of Fish Diseases*, 2001, **24**:189 ~ 195.
- [13] Cannon Q, Wagne E. Comparison of discharge mechanisms of *Cnidarian cnidae* and Myxozoan polar capsules. *Reviews in Fisheries Science*, 2003, **11** (3):185 ~ 219.
- [14] Xiao C, Desser S. The longevity of actinosporean spores from oligochaetes from Lake Sasajewun, Algonquin Park, Ontario, and their reaction to fish mucus. *Journal of Parasitology*, 2000, **86**:193 ~ 195.
- [15] Abdel-Ghaffar F, Ali M A, Al Quraisy S, *et al.* *Zschokkella helmii* n. sp. (Myxozoa: Myxosporea), a new parasite of marbled spinefoot *Siganus rivulatus* (Forsskal 1775), Red Sea, Egypt: light and transmission electron microscopy. *Parasitology Research*, 2008, **102**:183 ~ 192.
- [16] Landsberg J H, Lom J. Taxonomy of the genera of the *Myxobolus/Myxosoma* group (Myxobolidae: Myxosporea), current listing of species and revision of synonyms. *Systematic Parasitology*, 1991, **18**:165 ~ 186.
- [17] Lom J. Morphology and ultrastructure of *Sphaeromyxa noblei* sp. n. (Myxozoa), parasite of *Heteroclinus whiteleggii* (Pisces) from Australian New South Wales coast. *Folia Parasitologica*, 2004, **51**:19 ~ 26.
- [18] Abdel-Ghaffar F, Abdel-Baki A A, Garhy M E. Ultrastructural characteristics of the sporogenesis of genus *Myxobolus* infecting some Nile fishes in Egypt. *Parasitology Research*, 2005, **95**:167 ~ 171.
- [19] Stehr C. Sporogenesis of the myxosporean *Kudoa paniformis* Kabata & Whitaker, 1981 infecting the muscle of the Pacific whiting, *Mertuiccus productus* (Ayres). *Journal of Fish Disease*, 1986, **9**:493 ~ 504.
- [20] Yamamoto T, Sanders J E. Light and electron microscopic observations of sporogenesis in the Myxosporida, *Ceratomyxa shasta* (Noble, 1950). *Journal of Fish Diseases*, 1979, **2** (5):411 ~ 428.
- [21] 吴英松, 汪建国. 圆形碘泡虫孢子发生的超微结构研究. *水生生物学报*, 2001, **25** (1):61 ~ 67.
- [22] Ozer A, Wootten R. Ultrastructural observations on the development of some actinosporean types within their Oligochaete hosts. *Turkish Journal of Zoology*, 2001, **25**:199 ~ 216.

## 图版 说明

### 中华球孢虫电镜观察

1: 中华球孢虫成熟孢子缝面观: 示两个极囊、极丝、极囊核及缝线 ( $\times 8\ 900$ ); 2: 电镜下单个极囊的切面, 极丝缠绕 4 ~ 6 圈, 包裹极囊的透明层清晰可见 ( $\times 17\ 500$ ); 3: 电镜下单个极囊的透视面, 极囊腔中为颗粒状结构, 极囊外被致密的外层结构和透明的内层结构 ( $\times 17\ 500$ ); 4: 发育中的孢子细胞, 包含外管、微管、内质网 ( $\times 8\ 900$ ); 5: 中华球孢虫缝面观, 虫体内部结构和孢质大多已退化 ( $\times 8\ 900$ ); 6: 中华球孢虫成熟孢子缝面观, 壳瓣已打开, 示壳瓣外缘的不对称性 ( $\times 8\ 900$ ); 7: 中华球孢虫缝线放大示意图, 箭头所指为壳瓣间的细胞连接——紧密连接; 8: 中华球孢虫营养体截面观 ( $\times 8\ 900$ )。

### Explanation of Plate

The electron microscopic observation on *Sphaerospora chinensis*

1: The sutural view of a mature spore, showing polar filament, capsular nuclei, two polar capsules and sutural line ( $\times 8\ 900$ ); 2: The transverse section of a polar capsule: the polar capsule with a lucent periphery and four to six coiled polar filaments ( $\times 17\ 500$ ); 3: The longitudinal section of a polar capsule which was enveloped by an outer dense layer and an inner lucent layer ( $\times 17\ 500$ ); 4: A developing spore which was filled with sporoplasm and contained organelles, such as external tube, microtubule, and endoplasmic reticulum ( $\times 8\ 900$ ); 5: *S. chinensis* with a degenerative inner structure from sutural view ( $\times 8\ 900$ ); 6: The opened two valve cells and the two valves with some differences on outline and color of valves ( $\times 8\ 900$ ); 7: The enlargement of sutural line (arrow) which demonstrated clearly that the pair of valves were joined with tight junction; 8: The transverse section of *S. chinensis* which was in the development stage and had valve-forming bodies at the edge of sporoblast ( $\times 8\ 900$ ).

Pc: 极囊; Pf: 极丝; St: 条纹; S: 孢质; Sl: 缝线; Cn: 极囊核; Lu: 透明层; De: 致密层; Gr: 颗粒状物质; Et: 外管; Er: 内质网; Sp: 孢质形成体; V: 壳瓣; VfB: 壳瓣形成体; Gb: 糖原颗粒; Mt: 微管; P: 塞状结构。

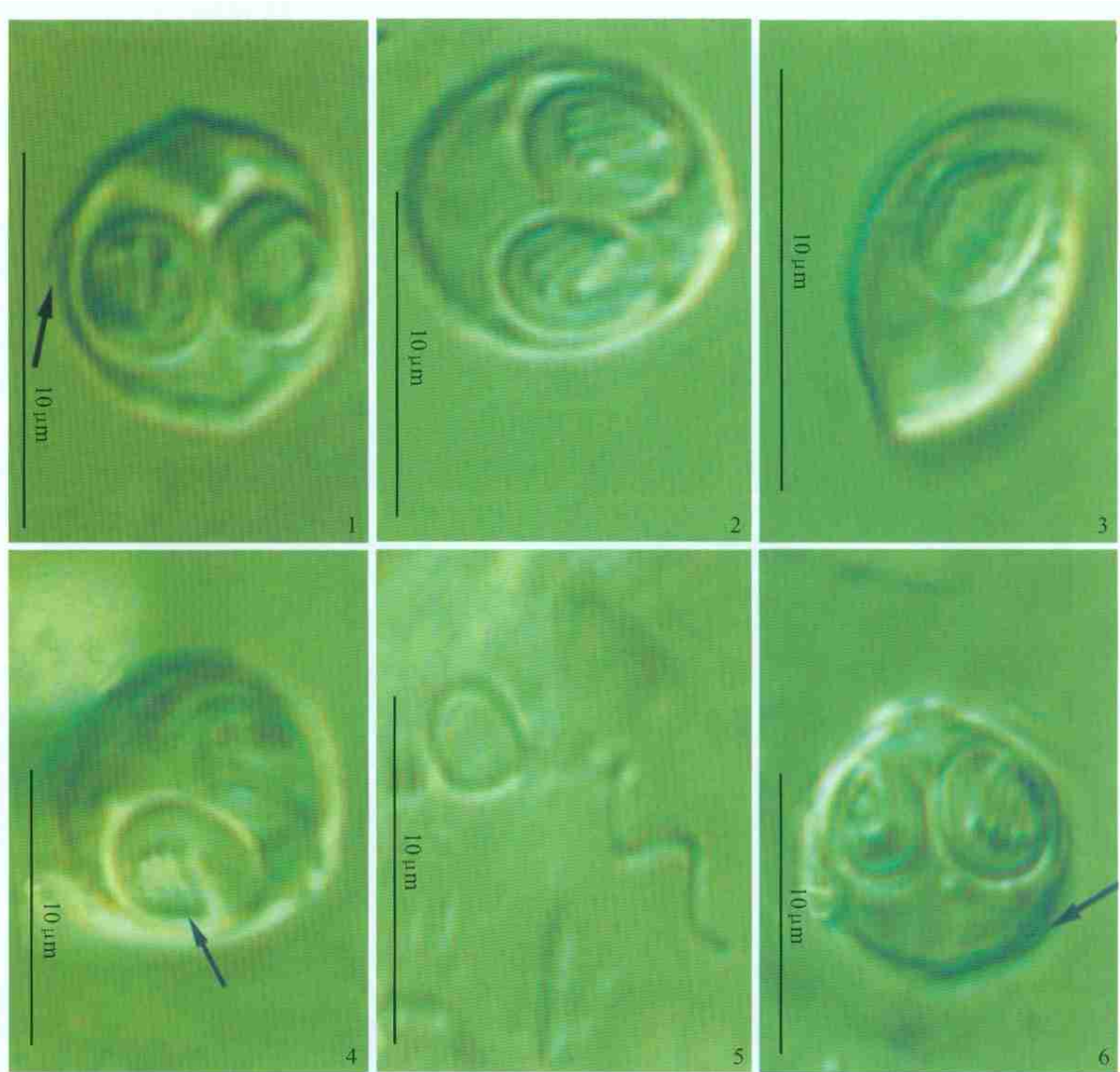
Pc: Polar capsule; Pf: Polar filament; St: Stripe; S: Sporoplasm; Sl: Sutural line; Cn: Capsular nuclei; Lu: Lucent layer; De: Dense outer layer; Gr: Granule; Et: External tube; Er: Endoplasmic reticulum; Sp: Sporoplasmsomes; V: Valve; VfB: Valve-forming body; Gb: Glycogen body; Mt: Microtubule; P: Plug.

## 李 媛等:中华球孢虫显微与亚显微观察

图版

LI Yuan *et al.*: Microstructure and Ultrastructure of *Sphaerospora chinensis*

Plate



中华球孢虫光镜观察  $\times 1\ 000$ , 标尺 =  $10\ \mu\text{m}$

1: 中华球孢虫顶面观, 箭头所示为虫体壳瓣外周的皱褶; 2: 中华球孢虫缝面观; 3: 中华球孢虫壳面观; 4: 示中华球孢虫极丝(箭头); 5: 极丝的释放; 6: 中华球孢虫壳瓣外的突起(箭头)。

The light microscopic observation on *Sphaerospora chinensis*  $\times 1\ 000$ , Bar =  $10\ \mu\text{m}$

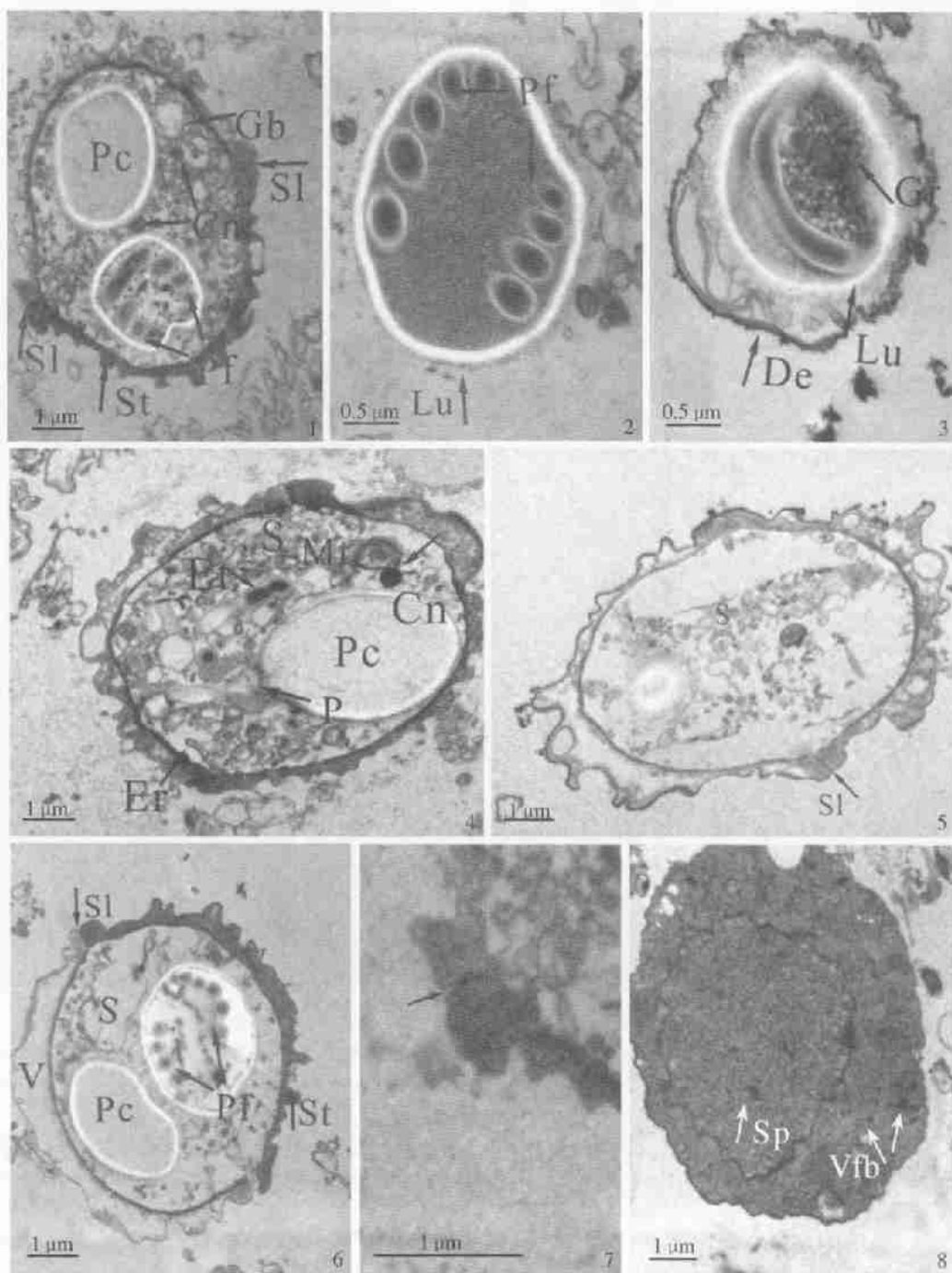
1: *S. chinensis* under light microscope from end view; 2: *S. chinensis* from sutural view; 3: *S. chinensis* from front view; 4: A clear image of coiling polar filament (arrow); 5: The extrusion of polar filament; 6: A circle of protuberance outside the valves (arrow).

李 媛等:中华球孢虫显微与亚显微观察

图版

LI Yuan *et al.*: Microstructure and Ultrastructure of *Sphaerospora chinensis*

Plate



图版说明见文后