

阔叶鳞盖蕨配子体发育及卵发生的研究^{*}

郭严冬¹, 王全喜¹, 李保贵², 曹建国^{1**}

(1 上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200234; 2 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303)

摘要: 采用显微镜和透射电镜对阔叶鳞盖蕨 (*Microlepia platyphylla*) 的配子体发育和卵发生过程进行了观察, 以阐明其卵发生的细胞学机制, 探讨其演化地位。阔叶鳞盖蕨孢子褐色, 四面体形, 具三裂缝, 接种 5~10 d 后孢子萌发, 经丝状体和片状体阶段发育为心形原叶体, 原叶体发育是铁线蕨型, 通常为雌雄异株, 精子器产生于不规则配子体的表面, 颈卵器产生于心形原叶体生长点的下方, 性器官是薄囊蕨型。卵发生研究表明, 阔叶鳞盖蕨颈卵器产生于生长点下方表面细胞, 经两次分裂形成了顶细胞、初生细胞和基细胞。其中初生细胞再经两次不等分裂产生卵细胞、腹沟细胞和颈沟细胞, 此 3 个细胞通过胞间连丝紧密相连, 随发育, 腹沟细胞与卵细胞间形成了分离腔, 但在孔区处始终通过胞间连丝相连, 成熟卵细胞上形成了卵膜和受精孔, 卵核表面产生了核外突, 通过比较表明阔叶鳞盖蕨卵发生与蕨 (*Pteridium aquilinum*) 卵发生相似。

关键词: 蕨类植物; 阔叶鳞盖蕨; 配子体; 卵发生

中图分类号: Q 944-33

文献标识码: A

文章编号: 2095-0845(2014) 06-747-08

Studies on the Development of Gametophyte and Oogenesis
of the Fern *Microlepia platyphylla*

GUO Yan-Dong¹, WANG Quan-Xi¹, Li Bao-Gui², CAO Jian-Guo^{1**}

(1 College of Life and Environment Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China; 2 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China)

Abstract: Gametophyte development and oogenesis of the fern *Microlepia platyphylla* were studied using microscopy and transmission electron microscopy. The present studies have significance in clarifying the cytology mechanism of oogenesis and reveal the evolution status of *M. platyphylla*. The spores are brown, tetrahedral and trilete. The spores germinate about 5-10 days after sowed. They develop into cordate prothallus through filament and plate stages. The development of the prothallus is the Adiantum-type. The adult prothallus are usually diecious. Antheridia (an) usually are produced on irregular prothallus and archegonium (ar) are produced near the apical notch of the heart-shaped prothallus. Sex organs are Leptosporangiate-type. Studies on the oogenesis showed that the archegonium develops from a superficial initial cell under the growth point. Two divisions of the initial cell result in a tier of three cells, i. e the upper cell, primary cell and basal cell. The primary cell finally develops into a neck canal cell, a ventral canal cell and an egg by two unequal divisions. The three cells were associated closely with each other. Then the neck canal cell and the ventral canal cell degenerated gradually. A separation cavity was formed between the ventral canal cell and the egg cell, but plasmodesmata still connected the ventral canal cell and the egg in pore region. Egg envelope and fertilization pore were formed in the matured egg. Nuclear evaginations were produced from the nuclear surface. It was showed that oogenesis of the fern *M. platyphylla* is similar to the fern *Pteridium aquilinum*.

* 基金项目: 上海市教委重点项目 (12ZZ128), 上海市自然科学基金 (13ZR1429700) 资助

** 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: caojianguo101@163.com

收稿日期: 2014-02-18, 2014-05-15 接受发表

作者简介: 郭严冬 (1990-) 女, 硕士研究生, 主要从事蕨类植物生殖与发育生物学研究。

Key words: Fern; *Microlepia platyphylla*; Gametophyte development; Oogenesis

秦仁昌曾依据毛被特征将鳞盖蕨属 (*Microlepia*) 与碗蕨属 (*Dennstaedtia*) 归入碗蕨科 (*Dennstaedtiaceae*) (吴兆洪和秦仁昌, 1991)。后分子系统学又将稀子蕨属 (*Monachosorum*)、蕨属 (*Pteridium*)、姬蕨属 (*Hypolepis*)、曲轴蕨属 (*Paesia*)、栗蕨属 (*Histiopteris*) 也加入到碗蕨科中 (Smith 等, 2006; Liu 等, 2007)。配子体发育和卵发生的研究是蕨类植物有性生殖研究的重要方面, 对蕨类植物分类和系统演化均具有重要的指示意义。有关配子体发育研究已经做了大量的工作 (Nayar 和 Kaur, 1971)。在卵发生方面, 迄今已对蕨 (*Pteridium aquilinum*) (Bell 和 Mühlethaler, 1962; Bell 和 Duckett, 1976)、栗蕨 (*Histiopteris incisa*) (Bell, 1980)、分株紫萁 (*Osmunda cinnamomea* var. *asiatica*) (Bao 等, 2003)、粗茎鳞毛蕨 (*Dryopteris crassirhizoma*) (Bao 等, 2005) 等同型孢子蕨类卵发生进行了研究, 发现卵细胞外具有卵膜, 而在异型孢子蕨苹 (*Marsilea*) 卵发生中并未发现 (Myles, 1978)。自 Cao 等 (2009) 在水蕨 (*Ceratopteris thalictroides*) 卵细胞上发现受精孔后, 近来的研究也在阔鳞瘤蕨 (*Phymatosorus hainanensis*) (代小菲等, 2010)、扇叶铁线蕨 (*Adiantum flabellulatum*) (曹建国等, 2010)、蕨 (*P. aquilinum*) (黄武杰等, 2011)、峨眉凤丫蕨 (*Coniogramme omeiensis*) (王戈等, 2012a)、金毛狗 (*Cibotium barometz*) (王戈等, 2012b) 等真蕨类的卵发生中发现了受精孔, 现已阐明它是精子入卵的通道。从这些研究中发现, 水蕨 (*C. thalictroides*) (Cao 等, 2009)、扇叶铁线蕨 (*A. flabellulatum*) (曹建国等, 2010)、峨眉凤丫蕨 (*C. emeiensis*) (王戈等, 2012a)、金毛狗 (*C. barometz*) (王戈等, 2012b) 等的卵膜由多层膜构成。这不同于蕨 (*P. aquilinum*) (黄武杰等, 2011)、栗蕨 (*H. incisa*) (Bell, 1980)、阔鳞瘤蕨 (*P. hainanensis*) (代小菲等, 2010)、粗茎鳞毛蕨 (*D. crassirhizoma*) (Bao 等, 2005) 等, 它们的卵膜是由嗜锲性物质在质膜外沉积构成。这表明蕨类卵膜形成具有一定的差异。因此, 不同演化地位的蕨类植物卵发育具有差异, 这对阐

明蕨类植物的演化地位具有指导作用。研究利用显微技术及透射电镜 (TEM) 对阔叶鳞盖蕨配子体和卵的发育过程进行了研究, 旨在揭示阔叶鳞盖蕨卵发育的细胞学机理及演化地位。这对阐明蕨类植物受精孔发生的普遍性和揭示有性生殖的机制具有重要的科学意义。

1 材料与方法

阔叶鳞盖蕨 (*Microlepia platyphylla*) 的孢子于 2011 年 10 月采自云南西双版纳。将具成熟孢子的叶片收集于标本纸中, 置于干燥通风处使孢子自然散落。10 d 后将孢子去杂并收集于硫酸纸袋中, 置于 4 ℃ 冰箱中保存备用。凭证标本现存放于上海师范大学植物标本室。

将成熟孢子用 5% 的次氯酸钠消毒, 接种于改良的 Knop's 固体及液体培养基上。将其置于 ZRX-300E 智能人工气候培养箱内, 培养条件为光照 18 h (25 ℃), 黑暗 6 h (20 ℃)。约 2 个月, 颈卵器形成。在解剖镜 (Nikon SMZ1500) 下选取颈卵器不同发育阶段的配子体, 室温下置于 0.1 mol·L⁻¹ 磷酸缓冲液配制的 3% 的戊二醛中固定 6 h, 经相同缓冲液冲洗后, 用 2% 的锇酸后固定 2 h。系列丙酮 (50%, 70%, 90%, 100%) 脱水后, 用 Spurr's 树脂渗透并包埋, 经 70 ℃ 聚合 9 h 得到包埋块。半薄切片经甲苯胺蓝染色后, 用 Nikon E-800 观察和照相。超薄切片经醋酸铀和柠檬酸铅染色后, 用 Hitachi-600 电镜观察和照相。

2 结果

2.1 配子体发育

阔叶鳞盖蕨孢子同型, 褐色, 四面体形, 具三裂缝, 三边稍凹, 极面观为钝三角形, 赤道面观为肾形。极轴长 20~30 μm, 赤道轴长 35~45 μm (图版 I: 1)。接种 5~10 d 后, 孢子吸水膨胀, 沿裂缝处裂开产生突起, 此时孢子细胞内含有叶绿体; 随后长出初生假根, 无色透明、含有少量叶绿体, 同时长出原叶体细胞, 其内含有丰富的叶绿体 (图版 I: 2, 3)。孢子萌发方式为书带蕨型 (Vittaria-type) (Nayar 和 Kaur, 1971)。原叶体细胞经横分裂产生 3~6 个细胞的丝状体 (图版 I: 4), 培养过程中发现有的丝状体形态不规则 (图版 I: 5)。丝状体的顶端和居间细胞均可进行纵分裂形成片状体 (图版 I: 6, 7);

继续培养, 片状体顶端可产生楔形的分生细胞 (图版 I: 8)。该细胞通过反复分裂使基部衍生的细胞逐渐增多, 顶部形成分生组织 (图版 I: 9)。播种 40 d 左右, 由于分生细胞分裂的速度较慢, 而由它衍生的细胞分裂的速度较快, 从而使生长点两侧凸出, 生长点下陷, 发育为心脏形的幼原叶体 (图版 I: 10)。原叶体发育过程中无毛状体产生, 其发育类型为铁线蕨型 (*Adiantum*-type) (Nayar 和 Kaur, 1971)。继续培养 15~20 d, 可在生长点下方产生颈卵器 (图版 I: 11)。阔叶鳞盖蕨配子体通常为雌雄异株, 精子器多产生在形状不规则的原叶体上, 数目较多, 透明均质 (图版 I: 12, 13)。性器官类型为薄囊蕨型 (*Leptosporangiate*-type) (Nayar 和 Kaur, 1971)。

在营养充足, 条件适宜的情况下, 精子器释放精子, 颈卵器顶部开裂, 精子进入颈卵器, 完成受精作用形成合子, 进而胚胎发育形成幼胚, 幼胚逐渐突出配子体的表面形成幼孢子体 (图版 I: 14)。研究发现, 接种 3 个月左右时原叶体的表面细胞还可进行营养繁殖, 产生新的配子体, 其上长有精子器 (图版 I: 15)。

2.2 颈卵器和卵发生显微结构观察

阔叶鳞盖蕨颈卵器产生于雌配子体生长点下方, 颈卵器原始细胞 (initial cell) 与周围细胞明显不同, 呈方形, 细胞核圆形, 核仁明显, 核周围具液泡和质体 (图版 II: 1)。原始细胞经一次平周分裂, 形成了上下两层细胞 (图版 II: 2)。下面一个细胞再分裂一次形成了三层细胞, 中间的为初生细胞 (primary cell) (图版 II: 3)。初期近方形, 细胞核近圆形, 随后体积增大, 顶部向上隆起 (图版 II: 4)。接着初生细胞进行一次不等分裂形成 2 个细胞, 上部的细胞较小, 细胞核圆形, 为单核颈沟细胞。下方的细胞继承了初生细胞大部分的原生质, 称为中央细胞 (central cell)。中央细胞较大, 细胞核周围有丰富的囊泡, 此时, 颈卵器壁细胞经横分裂形成明显的颈部 (图版 II: 5)。中央细胞成熟后进行不等分裂形成 2 个细胞, 下部的细胞较大, 继承了中央细胞大部分细胞质, 位于颈卵器的基部, 称为卵细胞 (egg cell)。卵细胞的细胞核较大, 呈圆形。上部细胞较小, 位于卵细胞和颈沟细胞之

间, 为腹沟细胞 (ventral canal cell)。随后, 单核颈沟细胞进行细胞核分裂形成双核的颈沟细胞 (neck canal cell), 核仁明显 (图版 II: 6, 7)。

刚形成的幼卵与周围的细胞紧贴, 随发育卵细胞与腹沟细胞之间形成了分离腔。然而, 在卵细胞上方近中央处始终有一区域与腹沟细胞紧密相连, 该区域称为孔区 (图版 II: 8)。随后, 腹沟细胞和颈沟细胞开始退化, 分离腔进一步扩大; 卵细胞上表面形成了一层染色深的卵膜, 上表面中央孔区未被卵膜覆盖 (图版 II: 9)。随着卵细胞的逐渐成熟, 颈沟细胞退化, 产生了大量粘性物质, 卵膜逐渐变厚, 颜色加深。此时, 卵细胞核的表面不规则, 但细胞核仍具有明显的核仁 (图版 II: 10)。当颈沟细胞和腹沟细胞大部分已退化时, 卵细胞与腹沟细胞之间的联系消失, 卵膜加厚 (图版 II: 11, 箭头), 孔区形成受精孔 (fertilization pore) (图版 II: 11)。完全成熟的颈卵器颈沟和腹沟细胞退化消失, 卵细胞明显凹陷 (图版 II: 12, 13)。当条件适宜时, 精子可进入颈卵器完成受精作用。

2.3 卵发育超微结构观察

幼卵刚形成阶段, 卵细胞、腹沟细胞和卵细胞通过发达的胞间连丝紧密相连 (图版 III: 1, 2); 其中的腹沟细胞体积最小, 核椭圆状。双核颈沟细胞的细胞核椭圆, 细胞器丰富, 质体含有大量的淀粉粒 (图版 III: 1)。新卵细胞核周围有丰富的线粒体, 质体较少 (图版 III: 2)。

卵发育中期, 尽管卵细胞与腹沟细胞之间产生了分离腔, 但两者之间始终通过孔区处的胞间连丝相连。此时腹沟细胞中的小泡、质体中的淀粉含量增多, 细胞边缘开始逐渐退化 (图版 III: 3); 卵内的细胞核边缘有一些突起和凹陷, 核上方有大量的嗜锇性小泡, 胞内质体的淀粉含量减少 (图版 III: 3)。卵细胞上方卵膜明显, 网状, 由许多嗜锇性的囊泡堆叠形成, 从中央到边缘逐渐变薄, 但在孔区处无卵膜覆盖 (图版 III: 4, 5)。

随着卵的发育, 卵膜加厚, 卵膜下方常见内质网, 卵内细胞器还有高尔基体、质体、线粒体等, 线粒体的形状多为近球形或条形; 此时的细胞核不规则, 有核外突的产生 (图版 III: 6)。当卵细胞完全成熟时, 腹沟细胞和颈沟细胞完全退

化，卵凹陷，一些大型嗜钺性囊泡和质体堆在卵膜下方（图版Ⅲ：7）。

3 讨论

阔叶鳞盖蕨是核心薄囊蕨类，处于演化的中间位置（Smith 等，2006）。本研究中阔叶鳞盖蕨的配子体发育过程与张凌献等（2008）的报道基本相同，且配子体还可以通过营养繁殖来产生新的配子体。阔叶鳞盖蕨在孢子形态和配子体发育过程中表现出的一系列性状及特征，如孢子四面体、三裂缝、书带蕨型萌发、原叶体发育为较原始的铁线蕨型，无毛状体、雄配子体形态不稳定等，表明阔叶鳞盖蕨是薄囊蕨中比较原始的类群。此外，阔叶鳞盖蕨的孢子萌发方式与蕨（*P. aquilinum*）（黄武杰等，2011）、扇叶铁线蕨（*A. flabellulatum*）（Cao 等，2010）、水蕨（*C. thalictroides*）（戴锡玲等，2005）相同；但水蕨（*C. thalictroides*）的配子体发育类型为水蕨型，这与阔叶鳞盖蕨的配子体发育类型不同，这表明阔叶鳞盖蕨可能与蕨（*P. aquilinum*）（黄武杰等，2011）的关系更为密切。

从卵发生上看，阔叶鳞盖蕨卵发生经历了原始细胞、初生细胞、中央细胞，最终形成了卵细胞，这与蕨（*P. aquilinum*）（黄武杰等，2011）、栗蕨（*H. incisa*）（Bell，1980）、铁线蕨（*A. flabellulatum*）（Cao 等，2010）基本相同。这些蕨类的卵细胞在成熟的过程中都形成了孔区，但阔叶鳞盖蕨的卵膜由嗜钺性的囊泡和一些内质网堆叠在质膜处形成，结构为网状，这与水蕨（*C. thalictroides*）（Cao 等，2009）、铁线蕨（*A. flabellulatum*）（Cao 等，2010）和峨眉凤丫蕨（*C. emeiensis*）（王戈等，2012a）不同，它们的卵膜为多层膜结构，而与蕨（*P. aquilinum*）（黄武杰等，2011）、栗蕨（*H. incisa*）（Bell，1980）、粗茎鳞毛蕨（*D. crassirhizoma*）（Bao 等，2005）的卵膜相似，都为网状结构，而卵膜的不同类型体现了它们之间的亲缘关系。此外，蕨（*P. aquilinum*）（黄武杰等，2011）、栗蕨（*H. incisa*）（Bell，1980）、粗茎鳞毛蕨（*D. crassirhizoma*）（Bao 等，2005）等进化的薄囊蕨类卵发生过程中具有核外突的产生，该现象被认为是一种核质互作，这对于配子体和孢子体世代的交替具有重

要的意义（Bell 和 Duckett，1976）。阔叶鳞盖蕨在卵发生过程中也有核外突的产生，配子体发育和卵发生的研究支持分子系统（Smith 等，2006；Liu 等，2007）将蕨属（*Pteridium*）、栗蕨属（*Histiopteris*）、鳞盖蕨属（*Microlepia*）等共同放置于碗蕨科（*Dennstaedtiaceae*）。

（参 考 文 献）

吴兆洪，秦仁昌，1991. 中国蕨类植物科属志 [M]. 北京：科学出版社，455—459

Bell PR，Mühlethaler K，1962. The fine structure of the cells taking part in Oogenesis in *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. [J]. *Journal of Ultrastructure Research*，7: 452—466

Bell PR，Duckett JG，1976. Gametogenesis and fertilization in *Pteridium* [J]. *Botanical Journal of the Linnean Society*，73: 47—78

Bell PR，1980. Nucleocytoplasmic interaction during maturation of the egg of the fern *Histiopteris incida* (Thunb.) J. Smith. [J]. *Annals of Botany*，45: 475—481

Bao WM，Cao JG，Dai SJ，2003. Ultrastructure of oogenesis in *Osunda cinnamomea* var. *asiatica* [J]. *Acta Botanica Sinica*，45: 843—851

Bao WM，He Q，Wang QX *et al.*，2005. Ultrastructure of oogenesis in *Dryopteris crassirhizoma* Nakai [J]. *Journal of Integrative Plant Biology*，47: 201—213

Cao JG，Yang NY，Wang QX，2009. Ultrastructure of the mature egg and fertilization in the fern *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. [J]. *Journal of Integrative Plant Biology*，51: 243—250

Cao JG（曹建国），Huang WJ（黄武杰），Wang QX（王全喜），2010. Microstructural observation on the development of Gametophytes and Oogenesis in the fern *Adiantum flabellulatum* L. [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*（西北植物学报），30（4）：0702—0707

Cao JG，Wang QX，Dai XL，2010. Ultrastructural observations of oogenesis in the fern *Adiantum flabellulatum* L. (Adiantaceae) [J]. *American Fern Journal*，2: 93—102

Dai XF（代小菲），Jiang N（姜楠），Cao JG（曹建国），2010. Primary study on the Archegonium Formation and Oogenesis in the fern *Phymatosorus hainanensis* [J]. *Bulletin of Botanical Research*（植物研究），30（4）：411—415

Dai XL（戴锡玲），Jin Q（金沁），Wang QX（王全喜），2005. Studies on the development of gametophyte of *Ceratopteris thalictroides* [J]. *Bulletin of Botanical Research*（植物研究），25（3）：274—277

Huang WJ（黄武杰），Cao JG（曹建国），Wang QX（王全喜），2011. Microstructural observations on the development of Gametophytes and Oogenesis in the fern *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* [J]. *Bulletin of Botanical Research*（植物研究），31

(2): 159—163

Liu HM, Zhang XC, Wang W *et al.*, 2007. Molecular phylogeny of the fern family Dryopteridaceae inferred from chloroplast *rbcL* and *atpB* genes [J]. *International Journal of Plant Sciences*, **689**: 1311—1323

Myles DG, 1978. The fine structure of fertilization in the fern *Marsilea vestita* [J]. *Journal of Cell Science*, **30**: 265—281

Nayar BK, Kaur S, 1971. Gametophytes of Homosporous ferns [J]. *Botany Review*, **37** (3): 295—396

Smith AR, Pryer KM, Schuettpelz E *et al.*, 2006. A classification for ferns [J]. *Taxon*, **55**: 705—731

Wang G (王戈), Yang H (杨浩), Wang QX (王全喜) *et al.*, 2012a. Development of Gametophyte and Oogenesis in the fern *Coniogramme emeiensis* [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), **32** (2): 0263—0269

Wang G (王戈), Yang H (杨浩), Wang QX (王全喜) *et al.*, 2012b. Development of eggs of the fern *Cibotium barometz* [J]. *Journal of South China University of Tropical Agriculture* (热带生物学报), **3** (04): 361—364

Zhang LX (张凌献), Liu BD (刘保东), Chan YL (檀龙云), 2008. Gametophyte development of *Microlepia strigosa* and *M. platyphylla* (Dennstaedtiaceae) [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **16** (3): 249—254

图 版 说 明

图版 I 阔叶鳞盖蕨配子体发育显微观察

1. 孢子; 2, 3. 孢子萌发; 4. 丝状体; 5. 不规则丝状体; 6, 7, 8. 片状体; 9, 10. 幼原叶体; 11. 产生颈卵器 (ar); 12, 13. 精子器 (an); 14. 幼孢子体 (箭头); 15. 营养繁殖产生新的配子体 (g)

图版 II 阔叶鳞盖蕨颈卵器和卵发生的显微结构观察

1. 原始细胞 (ic); 2. 原始细胞分裂产生两层细胞; 3. 初生细胞 (pc); 4. 初生细胞体积扩大; 5. 初生细胞分裂形成中央细胞 (cc) 和单核颈沟细胞 (mnc); 6, 7. 中央细胞分裂形成腹沟细胞 (vcc) 和卵细胞 (e), 双核颈沟细胞 (ncc) 形成, 其内的核分裂为两个; 8. 卵与腹沟细胞之间逐渐产生分离腔, 形成了孔区 (pr); 9. 卵与周围壁细胞分离, 腹沟细胞 (vcc) 和颈沟细胞 (ncc) 退化, 形成了孔区 (pr); 10, 11. 卵膜 (箭头) 颜色加深, 产生了受精孔 (fp); 12, 13. 腹沟细胞 (vcc) 和颈沟细胞 (ncc) 退化完全, 卵发育完全。(缩写: n, 细胞核)

图版 III 阔叶鳞盖蕨卵发育超微结构观察

1. 腹沟细胞 (vcc) 和卵细胞 (e), 颈沟细胞 (ncc) 通过胞间连丝 (pd) 紧密相连; 2. 卵与腹沟细胞通过胞间连丝 (pd) 相连, 卵细胞核周围围绕着线粒体 (m); 3. 颈卵器大部分, 分离腔 (sc) 在卵外围形成, 卵与腹沟细胞仍在孔区 (pr)

处相连, 卵膜 (ee) 形成; 4, 5. 为图 3 的放大, 卵膜 (ee) 从中央到边缘逐渐变薄; 6. 卵膜 (ee) 加厚, 下有内质网 (er) 积累, 有核外突产生 (nev); 7. 卵成熟时, 卵膜 (ee) 下有嗜锲性小泡 (veo) 积累。(缩写: n, 细胞核; nev, 核外突; p, 质体; ve, 囊泡)

Explanation of plates

Plate I Microscopical observations of the gametophyte development of the fern *M. platyphylla*

1. Spores; 2, 3. Spore germination; 4. Filament; 5. Irregular filament; 6, 7, 8. Plates; 9, 10. Young prothallus; 11. Archegonia (ar); 12, 13. Antheridia (an); 14. Producing young sporophyte (arrow); 15. Vegetative reproduction, new gametophyte (g) produced from the old gametophyte

Plate II Microstructural observation of the archegonium and oogenesis of the fern *M. platyphylla*

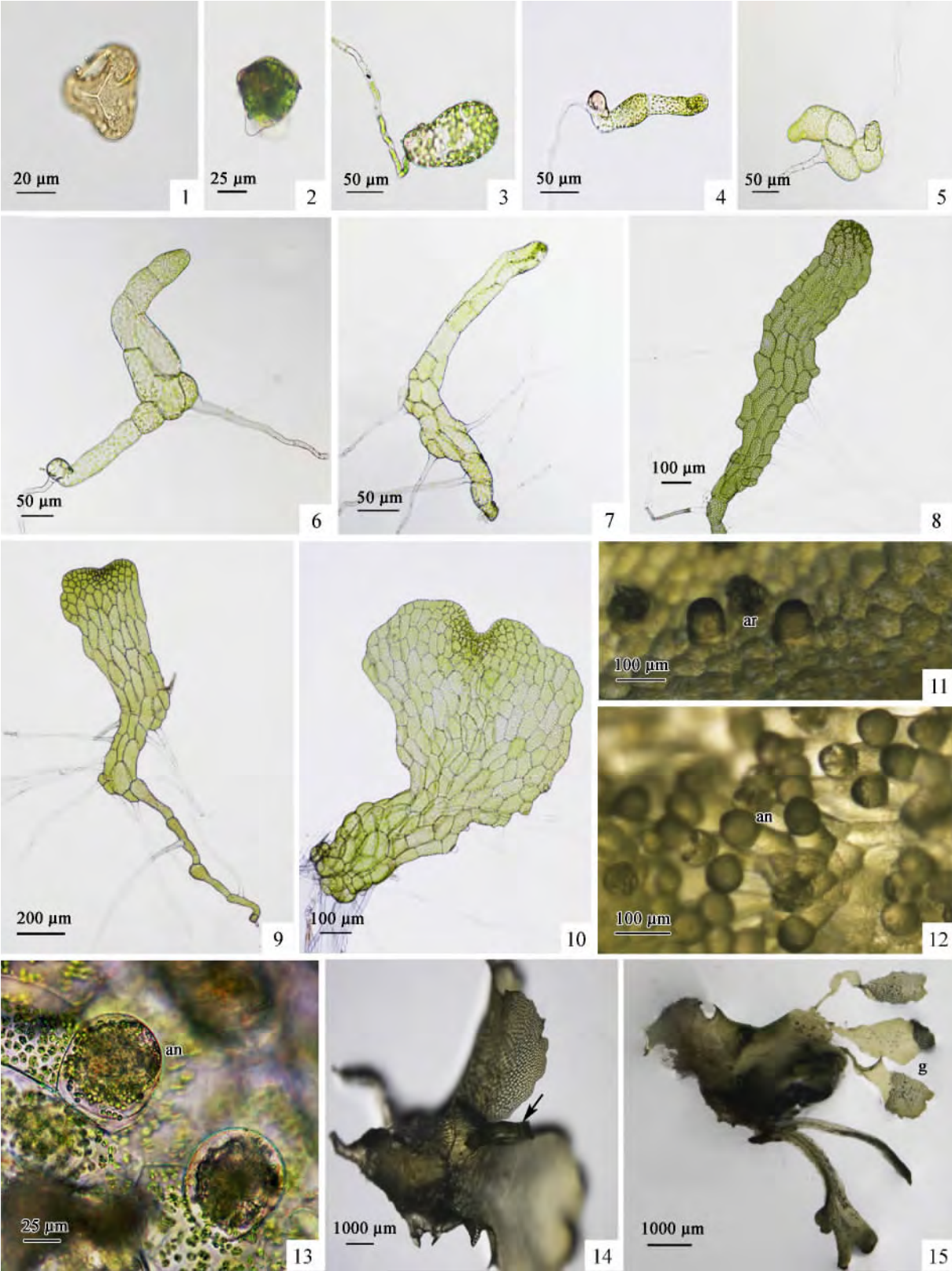
1. Initial cell (ic); 2. Two layer cells are produced; 3. Primary cell (pc); 4. The volume of primary cell (pc) is enlarged; 5. The primary cell forms a central cell (cc) and a mononucleate neck cell (mnc) and by an unequal division; 6, 7. The central cell forms an egg (e) and a ventral canal cell (vcc). An elongated neck canal cell (ncc) is formed, and the nucleus of the mononucleate neck canal cell divides into two nuclei; 8. A separation cavity is formed between the egg and the ventral canal cell, a pore region (pr) is formed; 9. The egg cell is isolated from the surrounding wall. The ventral canal cell (vcc) and neck canal cell (ncc) degenerate obviously, a pore region (pr) is formed; 10, 11. The egg envelope (arrow) becomes deep stained, fertilization pore (fp) is formed; 12, 13. Matured archegonium, the ventral canal cell (vcc) and neck canal cell (ncc) degenerate completely. (Abbr.: n, nucleus)

Plate III Ultrastructure observation of the development of the egg of fern *M. platyphylla*

1. The vcc, the egg (e) and the ncc are closely linked through plasmodesmata (pd) in the newly formed egg; 2. Plasmodesmata (pd) connecting the vcc and the egg, nucleus surrounded by mitochondria (m); 3. An archegonium, containing a maturing egg (e), a vcc and a ncc. A separation cavity (sc) has formed around the periphery of the egg. A pore region (pr) persistently connects the egg and vcc. The egg envelop (ee) are formed; 4, 5. Magnification of the Fig. 3. The egg envelop (ee) becomes gradually thinner from the central to the boundary; 6. The nuclear evaginations (nev) in the egg. Endoplasmic reticulum (er) below the egg envelop (ee); 7. A matured egg with the accumulation of vesicles containing the osmiophilic materials (veo) below egg envelope. (Abbr.: n, nucleus; nev, nuclear evagination; p, plastid; ve, vesicle)

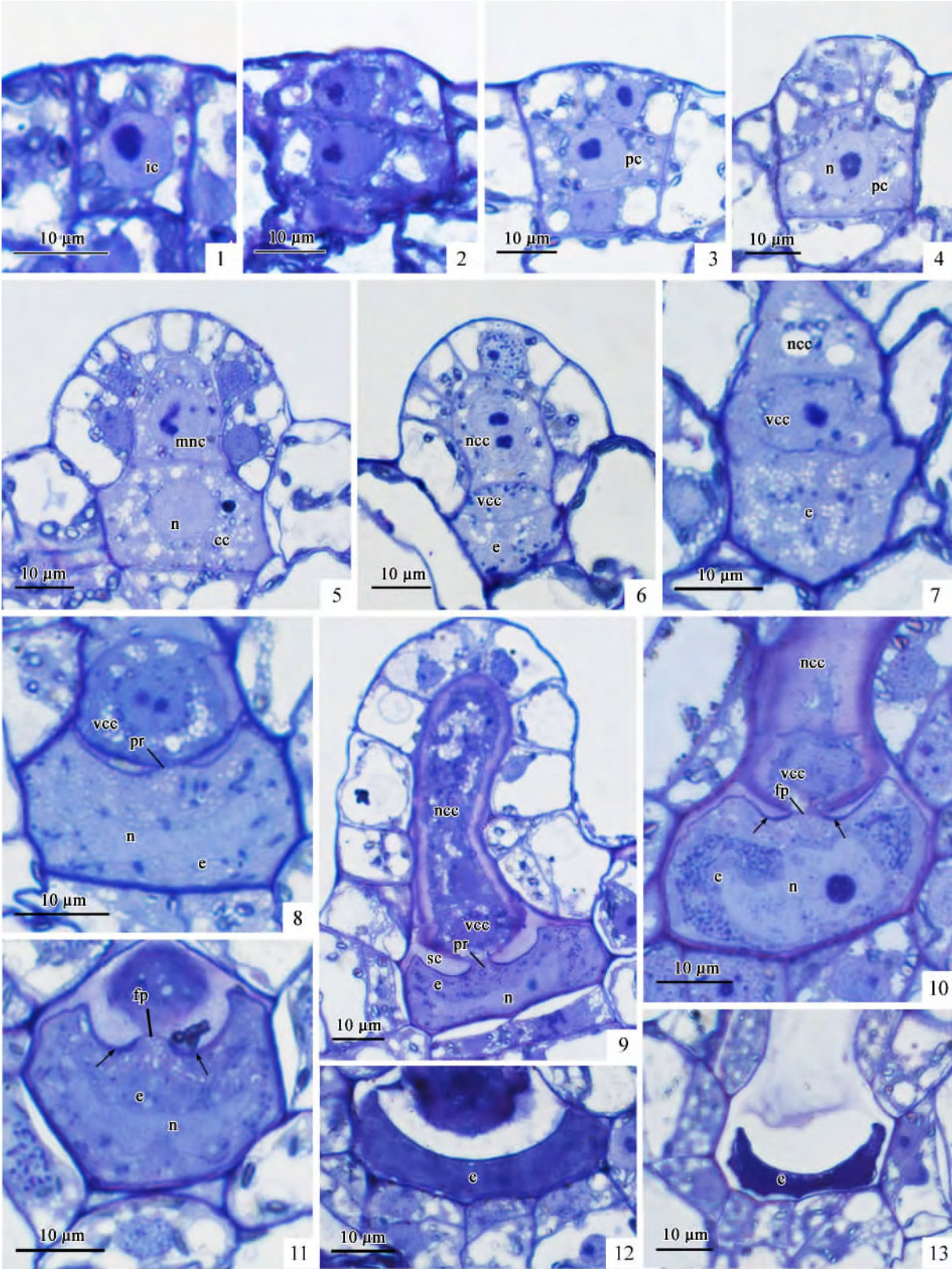
郭严冬等: 图版 I

GUO Yan-Dong *et al.*: Plate I



郭严冬等：图版 II

GUO Yan-Dong *et al.*: Plate II



郭严冬等: 图版 III

GUO Yan-Dong *et al.*: Plate III

