

# 魔芋球茎贮藏淀粉和甘露聚糖粒的形态观察<sup>\*</sup>

史益敏 陶懿伟 陆雅君<sup>1)</sup> 费雪南

(上海农学院植物科学系, 上海 201101)

**摘要** 在光学显微镜和透射电镜下观察了魔芋 (*Amorphophallus conjac*) 球茎中甘露聚糖粒和淀粉粒的形态。两种贮藏多糖分别位于不同的细胞中。淀粉粒在造粉体内发育, 以复粒存在, 用魔芋球茎仔茎茎尖为材料观察显示, 淀粉粒的形成早于甘露聚糖颗粒的形成。甘露聚糖粒形态多数近随圆形, 一些甘露聚糖颗粒内包含了针晶体, 但多数的甘露聚糖粒内部不包含针晶体, 由纯净的甘露聚糖构成。

**关键词** 魔芋; 甘露聚糖粒; 淀粉粒; 异细胞; 针晶体

## Morphology of starch and mannan granules in corms of *Amorphophallus conjac*

Shi Yimin Tao Yiwei Lu Yajun Fei Xuenan

(Department of Plant Science, Shanghai Agricultural College, Shanghai 201101)

**Abstract** The morphology of starch granules and mannan granules in corms of *Amorphophallus conjac* was observed by means of light microscopy and transmission electron microscopy. The two saccharides were located at different kinds of the corm cells. Starch granules in the corm cells were developed in amyloplasts and compound starch granules were formed. When young corm branches were used as materials to investigate the starch granule development, results indicated that starch granules were formed earlier than those of the mannan granules. Most mannan granules were approximately oval-shaped. Some of the granules were observed with raphide crystals inside; but most of the granules were no raphide crystals inside and composed of pure mannan.

**Key words** *Amorphophallus conjac*; mannan granule; starch granule; idioblast; raphide

淀粉是绝大多数植物营养器官细胞内唯一的储藏多糖, 其形态结构和生物合成已经比较明了。但也有一些植物的营养器官主要以非淀粉多糖为贮藏物。其中营养器官含甘露聚糖的植物, 仅发现于单子叶植物的少数科, 主要是兰科、百合科和天南星科<sup>[5]</sup>。这类植物的营养器官含甘露聚糖和淀粉两种贮藏多糖, 分别位于不同的细胞中, 含甘露聚糖的细胞称异细胞, 它的形态和结构都不同于含淀粉的细胞。体积巨大、含针晶体和甘露聚糖颗粒是异细胞的特征。对这类植物

1997-05-19 收稿

第一作者简介: 史益敏, 男, 1955年出生, 理学博士, 副教授, 现从事植物及植物生理生化等方面的教学和研究工作。

<sup>\*</sup>上海市青年科学基金资助项目

<sup>1)</sup> 陆雅君, 上海农学院电镜室。

的贮藏甘露聚糖代谢和相关酶已有一些研究<sup>[2, 7]</sup>, 对异细胞及针晶体的结构和发育研究也有一些报道<sup>[3, 4, 10]</sup>, 但由于甘露聚糖是水溶性多糖, 易溶于水并形成胶体溶液, 故对异细胞内甘露聚糖颗粒的形态、结构和发育等尚待研究。

天南星科魔芋属植物魔芋 (*Amorphophallus conjac*), 球茎含大量甘露聚糖颗粒, 占球茎干重达 50% 以上, 约为其淀粉含量的十倍<sup>[9]</sup>, 是研究甘露聚糖的好材料。作者在研究了魔芋球茎中的甘露聚糖酶及甘露聚糖代谢<sup>[1]</sup>、含甘露聚糖的异细胞的发育 (另文发表) 基础上, 本文报道对魔芋球茎甘露聚糖粒和淀粉粒的形态学研究结果。

## 1 材料和方法

魔芋为两年生球茎, 平均重约 50 g, 取材于金沙江右岸四川省屏山县山区, 当年收获后, 贮于室内。次年四月底播种于上海农学院内, 八月底分别取新球茎和由新球茎分枝的幼嫩仔茎作实验材料。

显微观察固定于 FAA 中, 经酒精系列脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋、切片, PAS 反应染色, 显微镜观察并照相。电镜观察固定于戊二醛—锇酸液 (0.1 mol/L 磷酸缓冲液配制, pH7.2), 经乙醇丙酮系列脱水, 环氧树脂 618 包埋, LKB—NOVA 型切片机切片, 厚度 70 nm, 用醋酸铀和柠檬酸铅染色, JEM—100 CX2 型电子显微镜观察。甘露聚糖粒观察, 取 FAA 固定的新球茎组织块, 置载玻片上, 用玻棒压碎, 用碘液染色 (含 25% 乙醇, 以防甘露聚糖粒溶解), 甘露聚糖粒不能被碘染色, 含淀粉的组织块则染成蓝色。

魔芋球茎直接分离甘露聚糖粒用于观察, 参照 Sugiyama 等<sup>[8]</sup>的方法, 魔芋球茎组织块在浓度为 50% 的乙醇中研碎并冲洗, 过滤得甘露聚糖颗粒。

## 2 结果

### 2.1 魔芋球茎组织两类细胞的形态区别

魔芋幼嫩子茎组织切片经 PAS 反应表明, 有两类形态和结构完全不同的细胞, 多数是含淀粉的细胞 (也可被碘液染色), 细胞质染色深; 少数是具针晶体的异细胞, 其细胞除了含巨大的针晶体外, 细胞质完全不染色 (图版 I, 1), 随着魔芋子茎组织的成熟, 异细胞和针晶体增大 (图版 I, 2), 甘露聚糖开始积累。这与其它营养器官含甘露聚糖植物的细胞形态是一致的<sup>[5]</sup>。

### 2.2 淀粉粒的观察

取魔芋仔茎近茎尖组织电镜切片观察, 较浓的细胞质内可见许多具膜的造粉体, 内部有少量淀粉粒 (图 I, 3); 随着组织细胞的成熟, 造粉体内的淀粉粒长大, 数目也越来越多, 最后逐渐挤满整个造粉体 (图版 I, 4)。成熟的魔芋球茎细胞内, 淀粉粒都以复粒存在于造粉体, 每个造粉体的横切面上可见 10 个以上淀粉粒 (图版 I, 5)。由于异细胞的膨大和挤压, 成熟的含淀粉的细胞体积小, 造粉体相互靠近。

### 2.3 甘露聚糖粒的观察

由于甘露聚糖是水溶性多糖, PAS 染色难以显示, 所以把魔芋球茎组织块置于 50% 乙醇中研碎, 用直接分离的甘露聚糖粒观察形态 (图版 I, 6)。甘露聚糖颗粒为纯净的半透明晶体, 可见一些颗粒中包含成束存在的针晶体, 多数颗粒则不包含针晶体。高倍显微镜观察, 可见许多针

晶体碎片(针晶)漂浮在颗粒之间或与颗粒表面相连(图版 I, 7), 说明多数针晶体附于甘露聚糖颗粒表面, 在分离时容易从表面脱落。

用组织压碎法观察魔芋球茎中的甘露聚糖颗粒, 在显微镜下呈不规则的椭圆形, 有的颗粒较长, 也有的较圆, 颗粒不能被碘液染色, 也呈半透明状的晶体, 带淀粉的组织则染成蓝色, 分布在甘露聚糖颗粒周围, 甘露聚糖颗粒体积巨大, 比淀粉粒体积大一千倍左右, 容易识别。图版 I, 8 为压碎的成熟球茎组织游离出的一个甘露聚糖颗粒。

肉眼观察, 用魔芋球茎直接分离的甘露聚糖颗粒为白色粗粉, 压碎的组织标本中甘露聚糖颗粒则呈小点状。

### 3 讨 论

甘露聚糖是水溶性多糖, 在水中易形成胶体, 但不溶于乙醇等有机溶剂, 除了主要含甘露糖基外, 一般还含少量葡萄糖基或半乳糖基。种子以甘露聚糖作为主要贮藏多糖的植物, 其甘露聚糖多以细胞壁的形式存在。营养器官以甘露聚糖为主要贮藏多糖的植物。甘露聚糖在异细胞内形成, 是胞内多糖<sup>[5]</sup>。在魔芋植物球茎中, 仅在甘露聚糖颗粒发育形成的早期可见其异细胞形态, 在成熟的球茎组织中, 只见巨大的甘露聚糖颗粒, 难以观察异细胞的形态, 含淀粉细胞形态则清晰可见。

淀粉是魔芋球茎中次要的贮藏多糖, 含量只有甘露聚糖的十分之一左右。对于球茎生长过程中淀粉的含量变化, 已有的研究指出<sup>[9]</sup>, 魔芋球茎中的淀粉含量在生长前期增加迅速, 生长中后期含量不再增加, 甘露聚糖则在整个球茎生长期都平稳增加。这说明魔芋甘露聚糖和淀粉这两种贮藏多糖不是同步增加的。本文的细胞学观察表明, 幼嫩的魔芋仔茎茎尖产生淀粉的细胞已含有大量淀粉粒, 而产生甘露聚糖的异细胞还尚未发育膨大, 也说明淀粉的形成早于甘露聚糖。魔芋球茎这两种贮藏多糖形成的时间先后差异, 其生理意义和生化调节机理尚有待深入研究。

具有针晶体是产生甘露聚糖的异细胞的形态特征, 根据一些学者对几种植物的研究报道<sup>[5, 6]</sup>, 针晶体都被包裹在甘露聚糖颗粒之中, 但本文的研究表明, 魔芋甘露聚糖粒只有一部分含针晶体。多数甘露聚糖颗粒则内部不包含针晶体, 而是位于颗粒表面。造成针晶体这种位置差异的原因则尚难明了。

### 参 考 文 献

- 1 史益敏, 沈曾佑, 张志良等. 魔芋球茎中的甘露聚糖酶. 植物生理学报, 1990, 16 (3): 306~310
- 2 Franz G. Metabolism of reserve polysaccharides in tubers of *Orchis morio* L. *Plant Med*, 1979, 36: 68~72
- 3 Genua J M, Hillson C J. The occurrence, type and location of calcium oxalate crystals in the leaves of 14 species of Araceae. *Ann Bot* (London), 1985, 56 (3): 351~362
- 4 Kausch A P, Horner H T. Development of syncytial raphide crystal idioblast in the cortex of adventitious roots of *Anillo planifolia* (Orchidaceae). *Scanning Electron Microsc*, 1983, (2): 893~904
- 5 Loewus F A, Tanner W. Plant Carbohydrate I. Encyclopedia of Plant Physiology New Series Vol 13A. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1982, pp. 451~461

- 6 Mollenhauer H H, Larson D A. Developmental changes in raphideforming cells of *Vanilla planifolia* and *Monstera deliciosa*. *J Ultrastructure Research*, 1966, **16**: 55~70
- 7 Shimahara H, Suzuk H, Sugiyama N, *et al*. Partial purification of  $\beta$ -mannanase from the conjac tubers and their substrate specificity in relation to the structure of conjac glucomannan. *Agri Biol Chem*, 1975, **39**: 301~312
- 8 Sugiyama N, Shimahara H, Andoh T. Studies on mannan and related compounds 1. The purification of konjac mannan. *Bull Chem Soc Japan*, 1972, **45**: 561~563
- 9 Takao Murata. Studies on konjac mannan biosynthesis (1). An analytical study on carbohydrates during the growth on konjac plant. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 1972, **46**: 1~7
- 10 Wang Zhongyan, Gould K S, Patterson K J. Structure and development of mucilage crystal idioblasts in the roots of five Actinidia species. *International Journal of Plant Science*, 1994, **155** (3): 342~349

### 图版说明

#### 图版 I

- 1 显微观察魔芋幼嫩子茎组织的两类细胞。N, 含淀粉的普通细胞; I, 含针晶体的异细胞, 箭头所指为针晶体。× 640
- 2 显微观察体积增大中的异细胞 (I), 其他为普通细胞。× 160
- 3 电镜观察魔芋幼嫩组织普通细胞内的造粉体。A, 造粉体, 箭头所指为淀粉粒; W, 细胞壁。× 8 000
- 4 电镜观察挤满淀粉粒的造粉体。× 2 000
- 5 电镜观察魔芋球茎成熟组织中的造粉体。× 2 000
- 6 显微观察魔芋球茎中提取的甘露聚糖颗粒 (M), 箭头所指为针晶体。× 10
- 7 显微观察针晶体碎片, 箭头所示。M, 甘露聚糖颗粒。× 160
- 8 压碎的魔芋球茎组织中一个不被碘液染色的甘露聚糖粒 (M), 呈半透明。× 32

### Explanation of Figures

#### Plate I

- 1 Microscopy observation of two kinds of cells in young daughter corm tissues of *A. conjac*. Note normal cells (N) with starch and an idioblast (I) with the raphide (arrowhead) . × 640
- 2 Microscopy observation of the enlarging idioblasts (I) . × 160
- 3 Electron microscopy observation of the amyloplasts in normal cell of *A. conjac* young daughter corm tissues. Note developing starch granules (arrowhead) in amyloplast (A) and cell wall (W) . × 8 000
- 4 Electron microscopy observation of the amyloplasts full of the starch granules × 2 000
- 5 Electron microscopy observation of the amyloplasts in the ripe tissue of the corm. × 2 000
- 6 Microscopy observation of mannan granules separated from *A. conjac* corms. Note the mannan granule with raphide inside (arrowhead) . × 10
- 7 Microscopy observation of smashed raphide parts (arrowhead) . Note mannan granule (M) . × 160
- 8 Microscopy observation of a mannan granule in the squashed *A. conjac* corm tissue did not be dyed with iodine and looked as a semi-transparent crystal × 32

of *Amorphophallus conjac*



See explanation at the end of text