

# 水稻和小麦胚乳发育的比较

顾蕴洁 熊飞 王忠 陈刚 李卫芳

(扬州大学农学院农学系 扬州 225009)

[摘要] 以水稻盐粳 235 和小麦扬麦 5 号为研究材料,用整体解剖和树脂包埋切片等方法比较研究了这两种作物胚乳细胞分裂、分化和充实的特点。两者发育的主要差异有(1)水稻胚乳囊呈香蕉形,小麦胚乳囊呈南瓜子形。小麦的游离核与胚乳细胞要比水稻大。(2)水稻游离核的分裂以无丝分裂为主,而小麦游离核的分裂以有丝分裂为主。水稻游离核及细胞的分裂速度较小麦快。(3)水稻胚乳细胞中淀粉体约在花后第 4 天出现,蛋白质体约在花后第 5 天出现;小麦胚乳细胞中淀粉体约在花后第 7 天出现,而蛋白质体约在花后第 9 天出现。(4)水稻胚乳淀粉体中含有多个淀粉粒,而小麦胚乳淀粉体中仅含有一个淀粉粒。(5)水稻胚乳含两种蛋白质体类型,即  $PB_1$  和  $PB_2$ ,而小麦胚乳只含一种蛋白质体。(6)水稻胚乳的背部有多层糊粉层细胞,其细胞壁上没有内突,而小麦腹部(沟)维管束的糊粉层细胞壁上有内突,这些细胞进而转化为胚乳转移细胞。

[关键词] 水稻 小麦 胚乳 胚乳囊 淀粉体 蛋白质体

[中图分类号] Q944.46; [文献标识码] A; [文章编号] 1001-4616(2001)03-0065-10

水稻和小麦的胚乳体积占颖果的 90% 左右,胚乳的化学组成和充实状况决定着它们的品质和产量。虽然,前人对水稻或小麦胚乳的发育从不同角度进行过研究<sup>[1~4, 11~14]</sup>,但是,对这两种重要的禾谷类作物胚乳发育进行比较的研究至今尚未有详细报道。

发育泛指生物体或生物体某部分的发生与发展。胚乳发育应包括胚乳的发生、分裂、分化、充实和衰亡等过程,本文主要介绍这两种作物的胚乳细胞在分裂、分化、充实方面的差异。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及标花方法

供试材料 水稻(*Oryza sativa*. L)品种为盐粳 235,小麦(*Triticum aestivum*. L)品种为扬麦 5 号。采用分期播种以延长开花期。在开花期采用挂牌(在穗茎上挂附有开花日期的塑料小牌)与剪芒(小麦)或记号笔点颖(水稻)相结合的方法来正确标记小穗的开花日期和颖果的发育时间。

### 1.2 胚乳游离核的分裂及分裂周期的观察

采用整体解剖法,将花后 1~3 d 的子房,用卡诺试剂固定数小时,然后用 70% 酒精置换与保存。观察时取出样品,从子房中剥出胚珠,用 1mol/L HCl 水解,铁矾、苏木精染色,从胚珠中挑出胚乳囊(图版 I :1~2),展平后置于显微镜下观察游离核的形态,测定核的数目,并计算分裂周期<sup>[8, 9]</sup>。

收稿日期 2001-04-30

基金项目 国家自然科学基金资助项目(39670440、30070454)

作者简介 顾蕴洁,1949—,女,扬州大学农学院副教授,硕士生导师,从事植物生理学的教学和研究。

万方数据

### 1.3 胚乳细胞的分离与计数

用卡诺固定剂固定发育不同天数颖果,用锡夫试剂染色,纤维素酶解,滤膜抽滤,置显微镜下计数<sup>[7]</sup>.

### 1.4 颖果结构的观察

取发育不同天数颖果切块,用戊二醛、锇酸等试剂双重固定,Spurr树脂浸透与包埋,制成半薄切片,用甲苯胺蓝染色,光镜下观察颖果横切面结构,在此基础上进一步制成超薄切片,用铅和铀双重染色,透射电镜下观察胚乳细胞的超微结构.

### 1.5 淀粉体、蛋白质体形态观察

将成熟干燥的水稻和小麦的颖果在液氮中断裂,离子溅射镀金,制样后用扫描电镜观察断面处的淀粉体、蛋白质体的形态.

## 2 结果与分析

### 2.1 胚乳细胞的分裂

#### 2.1.1 胚乳游离核的形态结构

胚乳是由受精极核发育而成的营养组织,在花后2d左右的胚囊中能见到胚乳游离核.水稻胚乳游离核大多呈球形,少数为椭圆形或不规则形,核中央通常只有1个大核仁;小麦胚乳游离核一般为椭圆形或球形,少数呈不规则形,处在间期的核内有1至多个核仁.游离核周围的原生质中有质体、线粒体、内质网和液泡等细胞器.小麦的游离核要比水稻游离核大(图版Ⅲ 20~21).游离核间的原生质连成一体,形成多核体的胚乳组织,游离核起初分布在受精卵与反足细胞之间,以后增殖的游离核排列在胚囊边缘,垂周分裂形成一层胚乳核层,即胚乳囊,其中央为空腔.水稻胚乳囊呈香蕉形(图版Ⅰ 1),小麦的胚乳囊呈南瓜子形(图版Ⅰ 2).

#### 2.1.2 游离核的分裂

水稻和小麦胚乳游离核以及以后形成的细胞的分裂有两种形式:有丝分裂和无丝分裂(图版Ⅰ 3~8).

水稻胚乳游离核的分裂方式以无丝分裂为主.在游离核的发育初期(花后1d左右),核的分裂方式以有丝分裂为主,且分裂较同步,其后随着核数的增加,分裂的同步性降低,无丝分裂的比例增加,并逐渐占优势.无丝分裂时,核膜和核仁不消失,核同核质一分为二,两个子核先靠在一起,以后才分开.小麦胚乳游离核的分裂方式以有丝分裂为主.特别是在胚乳发育初期(花后1~2d),游离核的有丝分裂很同步,产生的子核都能进一步分裂下去.观察水稻游离核分裂时还发现,有些处在有丝分裂末期的两个子核不经间期,随即进行无丝分裂(图版Ⅰ 5),使游离核的增殖速度加快,但在小麦游离核的分裂中却很少发现此类现象.水稻游离核的分裂速度要比小麦快.花后第2天调查胚乳囊中游离核数目,水稻1个胚乳囊中有 $1864 \pm 211$ 个游离核,分裂周期为 $4.2 \pm 0.07$ h,而小麦1个胚乳囊中只有 $490 \pm 23$ 个游离核,分裂周期为 $5.00 \pm 0.04$ h.

#### 2.1.3 胞壁的形成

通常水稻胚乳核间胞壁在花后2~3d内出现(图版Ⅲ 22),小麦胚乳核间胞壁在花后第3~4天时出现(图版Ⅲ 23),核的增殖与细胞壁的形成都是从珠孔端开始,并向合点方向发展,依次在胚乳核间形成垂周壁.垂周壁出现后,胚乳核层中多数的胚乳核进行平周分裂,出现平周壁,成为双层细胞的胚乳囊,不久胚乳囊质膜外侧产生壁,而胚乳囊内侧,即靠近中央液泡的

一侧不形成壁。

据观察,垂周壁与平周壁的前体均来自成膜体(指形成细胞板和质膜的前体)(图版Ⅲ:22~23)。成膜体是由细胞质中的内质膜和高尔基体小泡等膜泡成片状排列而成的,它首先出现在两核中间,其后以此为中心向四周扩展,在扩展的同时,处于中间的,即先形成的成膜体发生膜泡融合形成质膜和细胞板。成膜体的先端可分岔,伸入到其它未成壁的游离核间。随着成膜体的扩展与融合,细胞板和质膜不断扩大,将核分隔。当核周围各方向上的细胞板或成膜体相互连接起来并融为一体时,游离核就变成了四周有壁的胚乳细胞。

#### 2.1.4 胚乳细胞的增殖

进入细胞增殖期的细胞分裂一般是由里向外进行,即胚乳组织的增生是依靠外层细胞的不断分裂和生长。水稻胚乳外层细胞都能持续均衡地分裂,因而细胞在胚乳中的排列呈同心圆的结构,而小麦胚乳的外层细胞分裂不同步,靠近腹沟维管束处的胚乳细胞转化成胚乳转移细胞后不分裂,而其它部分细胞正常分裂,使胚乳组织在腹沟维管束处内陷,而使小麦胚乳横断面呈现肾形状。当胚乳组织的发展受到子房空间限制时,分裂便停止。

水稻和小麦胚乳细胞增殖动态见图1。水稻在花后第3天胚乳细胞数急剧上升,约在花后第6天胚乳细胞数达半数,第12天胚乳细胞数达最大值。而小麦胚乳细胞的增殖速度没有水稻快,总的胚乳细胞数没有水稻多,但持续分裂的时间较长,通常在花后第18天时才停止分裂,另外小麦胚乳细胞的平均体积要比水稻大。

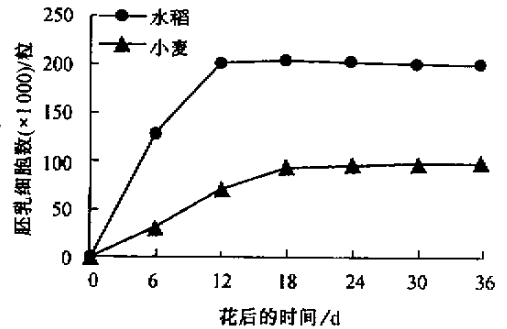


图1 胚乳细胞的增殖动态

#### 2.2 胚乳细胞的分化

谷物的胚乳细胞可分为两类(图版Ⅱ:9、11):一类是由胚乳表层细胞转化来的、具有吸收灌浆物质和集积灌浆废物的功能,化学组成成分复杂的糊粉层细胞(图版Ⅱ:18~19)。另一类是处在胚乳表层以内,以贮藏淀粉和蛋白质的内胚乳细胞(图版Ⅱ:14~15),其占胚乳细胞的90%以上。

##### 2.2.1 内胚乳细胞的分化

水稻和小麦的胚乳在细胞化后,处在胚乳表层的细胞仍具有分裂能力,处于表层以内的胚乳细胞便相继开始积累淀粉与蛋白质(表1),当细胞开始积累淀粉后细胞分裂就停止,即而成为贮藏细胞,其后随着淀粉体充满细胞,细胞核消失,细胞失水后死亡。因而成熟时内胚乳是没有活性的营养组织。

表1 水稻与小麦胚乳细胞分裂、分化的时期  
(开花后时间/d)

谷物名称	水稻	小麦
游离核期	0~2	0~3
游离核转变成细胞期	2~3	3~4
细胞分裂终止期	9~12	16~18
淀粉积累始期	4	7
蛋白质积累始期	5	9
糊粉层出现始期	5	10

##### 2.2.2 糊粉层的分化

水稻和小麦的糊粉层都是由胚乳表层细胞分化形成的<sup>[8~10]</sup>,其形态结构有些差异(图版Ⅱ:18~19)。水稻胚乳的背部糊粉层细胞多,籽粒成熟时有5~6层糊粉层细胞,而腹部与侧部只有1~2层糊粉层细胞,水稻糊粉层的细胞壁

虽没有内突,但在靠近珠心细胞的那一面质膜皱叠并伸入胞壁,这样增加了吸收养分的有效面积.小麦背部糊粉层细胞的数目要比水稻少,但细胞体积要比水稻糊粉层细胞大,细胞壁也比较肥厚,并在靠近子房维管束的糊粉层细胞出现内突,转化为胚乳转移细胞(图版 II :13),这也利于胚乳组织对养分的吸收.

### 2.3 胚乳细胞的充实

水稻和小麦胚乳细胞中的贮藏物主要是淀粉与蛋白质.淀粉积累在由质体发育起来的淀粉体中,贮藏蛋白质积累在被称为蛋白体的囊泡中.研究胚乳细胞的充实,实质是要探明淀粉体与蛋白体的发育及其淀粉与蛋白质的积累.淀粉体与蛋白体结构上有许多不同,例如,淀粉体具有双层被膜,而蛋白体只有单层被膜,成熟的淀粉体因被淀粉充实而不被甲苯胺蓝染色,而蛋白体内含蛋白质易被甲苯胺蓝或钨酸等染成深色.

#### 2.3.1 水稻和小麦淀粉体的形态结构

水稻胚乳中的淀粉是复粒淀粉(图版 III :24、26),即一个淀粉体里含有多个淀粉粒,这是因为淀粉体中的淀粉粒是相互独立存在的,互不连接地膨大的结果.在胚乳细胞尚未被淀粉体充满时,淀粉体成椭圆形,其中淀粉粒少棱角,当胚乳细胞被淀粉体充满时,淀粉体和其中的淀粉粒因相互挤压,均成为多角形.而小麦淀粉是单粒淀粉(图版 III :25、27),即一个淀粉体内仅含有一个淀粉粒,多数呈鹅卵石形,淀粉体有大小两种形态:大的直径为  $10 \sim 30 \mu\text{m}$ ,在早期形成,小的直径为  $5 \sim 8 \mu\text{m}$ ,在中后期出现,通常认为小淀粉体是由大淀粉体分裂而来的.

#### 2.3.2 水稻和小麦蛋白体的形态结构

水稻蛋白体有两种类型(图版 III :28),即  $PB_1$  与  $PB_2$  蛋白, $PB_1$  是在粗糙内质网上形成的,并积累在由内质网围起的囊泡中,色泽浅,多数呈球形,直径为  $1 \sim 2.5 \mu\text{m}$ ,剖面有时像同心圆那样的年轮结构,表面附着核糖体,在颖果中含量较少. $PB_2$  也是在粗糙内质网上合成,由高尔基体分泌的小泡运送到液泡,并积累在液泡中. $PB_2$  多数呈不规则的椭圆形,体积大,色泽深,颖果中含量较高.小麦蛋白体只见一种类型,即由高尔基体产生富含蛋白质的高尔基体小泡,从高尔基体上脱落下来,在细胞中相互融合或被液泡胞饮成为蛋白体(图版 III :29).

### 2.4 颖果中的维管束及其周围结构

水稻颖果的果皮中有 3 条维管束,通向花柱的两条维管束在开花后退化,只有背部维管束(图版 II :9~10)输送营养物质进入胚乳细胞,背部维管束的中央是 20 条左右的导管,其外侧是呈半圆形分布着的 40 多条筛管.背部维管束与胚乳组织间有珠心突起和退化的珠心层,珠心表皮层细胞的末端与背部维管束的薄壁细胞相连.珠心表皮的外侧是内珠被细胞,二者间有一层不透水的角质层,它是胚乳与果皮间不能直接进行物质交换的屏障.珠心表皮内侧是糊粉层,二者间残留着退化的珠心层的细胞壁.在小麦颖果的果皮中也有 3 条维管束,颖果两侧的通向花柱的两条小维管束在开花后退化,不输送灌浆物质.向颖果输送养分的是在腹沟处的一条大维管束,即腹部维管束.腹部维管束的结构与所处位置如图版 II :11~12 所示.此维管束韧皮部中的筛管较多,而处在中部的木质部中的导管较少.珠心表皮与珠被间,以及珠被与果皮内侧的绿色层间也有一层不透水的角质层.与水稻不同之处是小麦腹部维管束内侧的珠心突起与胚乳间有较大的液腔,被称为“池”,转移细胞就位于“池”边(图版 II :11、13).

### 3 讨论

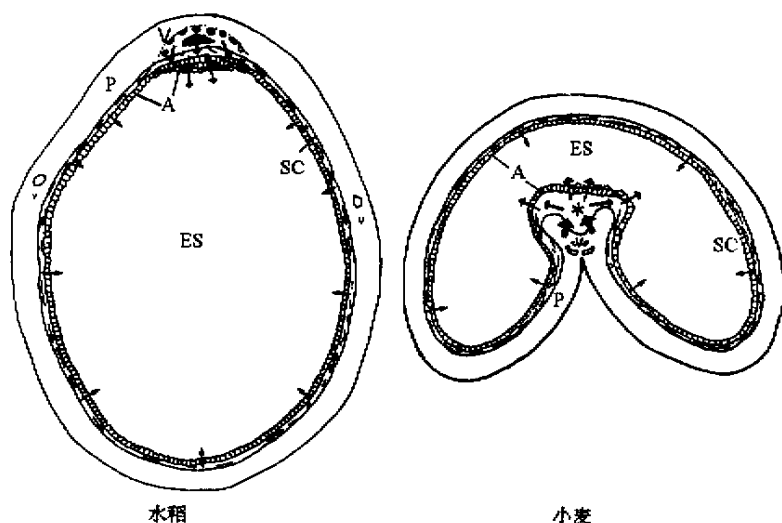
#### 3.1 细胞壁形成的机理

关于游离核的胞化,虽然有不少研究,但至今未有明确的结论<sup>[1]</sup>.问题的焦点主要集中在胞化的起源上,即游离核在胞化开始时,初始垂周壁究竟是来自胚囊壁的内突向心游离生长<sup>[5,12~13]</sup>,还是来自有丝分裂产生的成膜体.弄清这一问题对于阐明细胞壁的形成具有重要的意义.

经我们用电镜观察和分析,水稻和小麦胚乳细胞壁的形成过程大体如下:由高尔基体分泌的小泡在成壁前集中在核间细胞质的某一面上,形成成膜体,成膜体中的小泡膜相互融合形成质膜,其内含物连成一片,构成细胞板,穿插在成膜体中的内质网变成胞间连丝.成膜体、细胞壁(板)在核间延伸,彼此连接,游离核被间隔,细胞即形成.之所以有人认为垂周壁来自胞囊壁的内突,其原因可能在于研究者未能抓住观察时机,因为初生垂周细胞板的一端与胚囊壁的距离短,融合十分迅速,如不及时细致的取样观察,难以发现垂周细胞板与胚囊质膜的融合过程.

#### 3.2 养分输入胚乳细胞的途径

水稻和小麦在花后1-3d内,子房背部维管束还未发育完全,此时胚乳核分裂以及核间的细胞壁形成所需养分主要是由珠心细胞与反足细胞提供,这些细胞在把养分供给胚乳核后自身退化或消亡.在进入细胞期后,特别在灌浆旺盛的乳熟期和蜡熟期,颖果中向胚乳和胚运送的养分途径不一样.水稻养分由背部维管束运来的养分首先卸至珠心突起,然后经珠心突起细胞分流,一部分通过背部退化珠心层经背部多层的糊粉层直接向内胚乳输送;另一部分通过珠心组织,即通过珠心表皮和退化珠心层运向胚乳的四周,再经糊粉层运向内胚乳(图2,左).由于内胚乳细胞充实所需养分是由背部维管束通过珠心表皮和糊粉层传递的,因此离此远的腹部的胚乳细胞易充实不良,形成所谓的腹白米;而在小麦颖果中来自维管束的养分首先经珠心突起,卸至“池”,然后可由“池”经两条途径进入胚乳,一条是通过种皮质外体运至胚乳的外周,经糊粉层向胚乳细胞转运,另一条是经“池”边的糊粉层直接进入胚乳(图2,右).



(图中英文符号的注释见图版说明)

图2 水稻小麦颖果的横剖面图示灌浆物质进入胚乳的途径(箭头所指)



### 3.3 糊粉层形成的可能机理

水稻和小麦糊粉层是养分输入胚乳细胞的中间通道,具有特殊的功能结构,其形成机理至今尚未完全搞清.我们认为,胚乳的表层细胞之所以会形成糊粉层,可能与其积累矿质元素、脂类等物质有关.内胚乳细胞主要的贮藏物质是淀粉和蛋白质.背部维管束卸至退化珠心层的营养物质,除含有可溶性糖、氨基酸外,还含有 P、K、Mg、Ca 矿质元素、脂类等.胚乳的表层细胞吸收这些营养物质时,把可溶性糖和氨基酸运入内胚乳细胞供合成淀粉与蛋白质,而矿质元素、脂类等物质被留在表层细胞中,使表层细胞富含矿质元素和脂类,矿质元素在液泡中形成植酸钙镁颗粒,成为糊粉粒构成成分,脂类积累在圆球体中,从而使表层细胞演化成糊粉细胞.在糊粉层囤积的物质中,有部分是不能供胚生长需要的“废物”.例如在水稻三叶期就观察到残存在秧苗基部稻谷中的胚乳残体,发现此时内胚乳细胞早被消化一空,唯独糊粉层细胞中还残留着能被甲苯胺蓝染色的内含物.

## 4 图版说明

A 糊粉层;a:淀粉体;d:高尔基体;DN:退化珠心;ES:胚乳;gv:高尔基体小泡;m:线粒体;NE:珠心表皮;n:游离核;no:核仁;NP:珠心突起;P:果皮;PB:蛋白质体;Ph:成膜体;rer:粗糙型内质网;s:筛管;SC:种皮;t:导管;Tc:转移细胞;V:维管束;Va:液泡;w:细胞壁

图版 I 水稻和小麦的胚乳囊和游离核的分裂

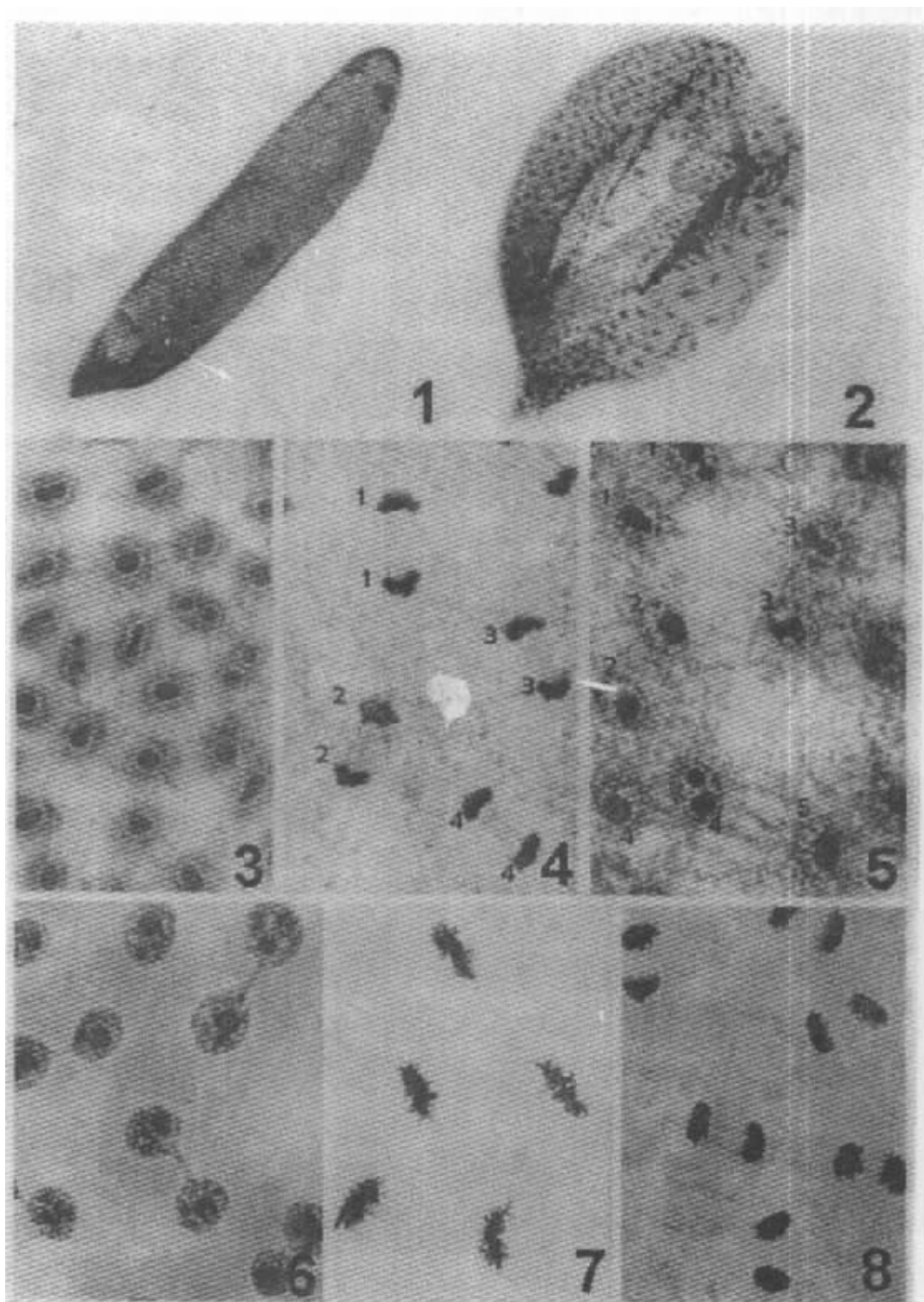
1:花后 3 d 的水稻胚乳囊,×40;2:花后 3 d 的小麦胚乳囊,×40;3~5:水稻游离核的分裂,×1000;3:无丝分裂;4:有丝分裂;5:有丝分裂后随即无丝分裂.相同数字为有丝分裂形成的两个子核对;6~8:小麦游离核的分裂,×600;6:无丝分裂;7:有丝分裂的中期;8:有丝分裂的后期.

图版 II 水稻和小麦颖果的维管束和胚乳细胞

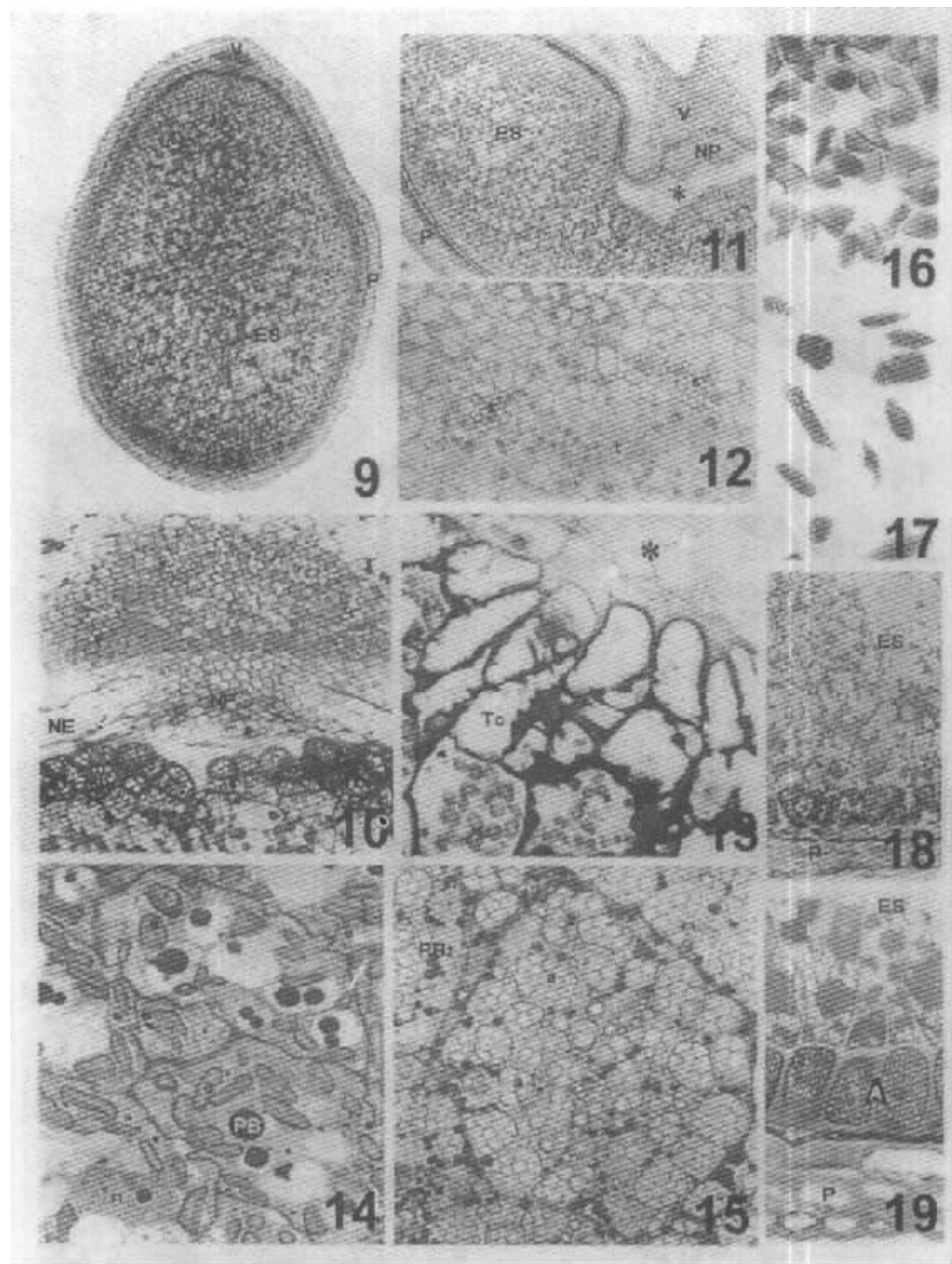
9:花后第 8 天水稻颖果的纵切面,×60;10:水稻颖果的背部维管束,×300;11:花后第 10 天小麦颖果的纵切面,星印处为“池”,×60;12:小麦颖果的腹沟维管束,×300;13:小麦胚乳中的转移细胞,×300;14:花后 13 d 小麦的胚乳细胞,×600;15:花后 12 d 小麦的胚乳细胞,×800;16:经纤维素酶解离的水稻胚乳细胞,×100;17:经纤维素酶解离的小麦胚乳细胞,×100;18:水稻的糊粉层和周围细胞结构,×400;19:小麦的糊粉层和周围细胞结构,×400.

图版 III 水稻和小麦胚乳细胞的超微结构

20:花后 2 d 的小麦胚乳游离核(TEM),×8000;21:花后 2 d 的水稻胚乳游离核(TEM),×8000;22:花后 3 d 的水稻胚乳细胞,示成膜体(TEM),×10000;23:花后 4 d 的小麦胚乳细胞,示成膜体(TEM),×10000;24:水稻淀粉体的形态,淀粉体中含多个淀粉粒(SEM),×8000;25:小麦的大小淀粉体的形态(SEM),×8000;26:水稻淀粉体的结构(TEM),×10000;27:小麦淀粉体的结构(TEM),×10000;28:水稻胚乳细胞中的蛋白质体(TEM),×10000;29:小麦胚乳细胞中的蛋白质体形成(TEM),×10000

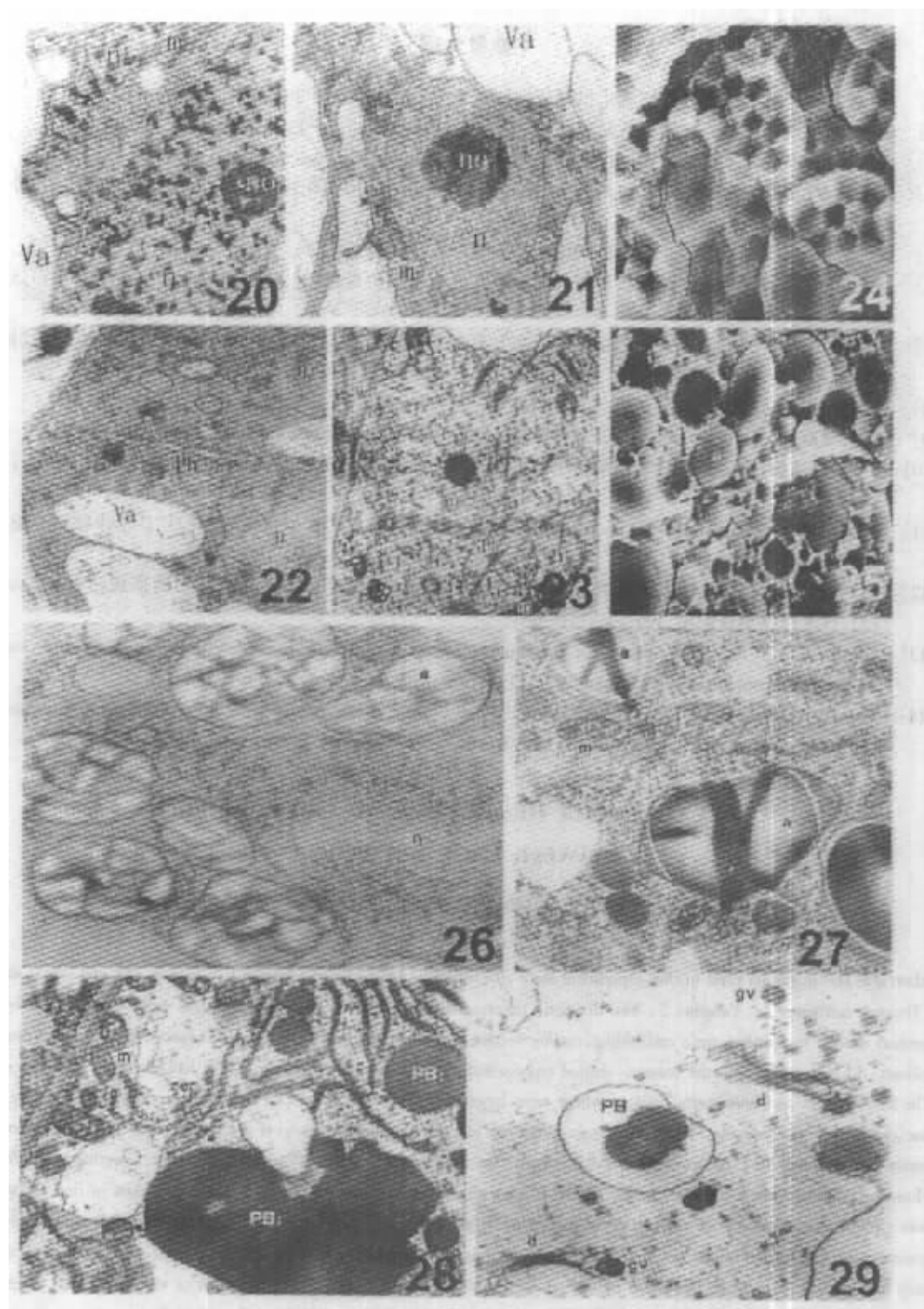


图版 I 水稻和小麦的胚乳囊和游离核的分裂



图版 II 水稻和小麦颖果的维管束和胚乳细胞





图版Ⅲ 水稻和小麦胚乳细胞的超微结构

# [ 参考文献 ]

- [ 1 ] 李师翁. 被子植物核型胚乳细胞化机研究的现状[ J ]. 植物学通报 1995 ,1( 4 ) :13—16.
- [ 2 ] 杨貌仙. 小麦胚乳游离核繁殖的研究[ J ]. 植物学报 ,1962 ,1( 1 ) :7—13.
- [ 3 ] 杨貌仙. 小麦胚乳发育的研究[ J ]. 植物学报 ,1957 ( 1 ) :39—52.
- [ 4 ] 张伟成 ,严文梅. 类成后. 小麦颖果中反足细胞衰退过程的结构变化及其对胚乳形态建成的作用[ J ]. 植物学报 ,1998 ,30 :457—462.
- [ 5 ] 张伟成 ,严文梅 ,高小彦. 小麦胚乳细胞化期胞壁形成特征的观察[ J ]. 植物学报 ,1990 ,1( 13 ) :76—78.
- [ 6 ] 顾蕴洁 ,王忠 ,陈刚. 小麦胚乳游离核的分裂及其分裂周期的观察[ J ]. 植物生理学通讯 1995.3( 1 ) :52—55.
- [ 7 ] 顾蕴洁 ,王忠 ,吴月萍. 小麦胚乳细胞的分离及其淀粉体的计数[ J ]. 植物生理学通讯 ,1994 ,3( 3 ) :210—213.
- [ 8 ] 王忠 ,李卫芳 ,顾蕴洁. 水稻胚乳的发育及其养分输入的途径[ J ]. 作物学报 ,1995 ,21( 5 ) :520—527.
- [ 9 ] 王忠 ,顾蕴洁 ,等. 小麦胚乳发育及其养分输入途径[ J ]. 作物学报 ,1998 ,9 :536—543.
- [ 10 ] 王忠 ,顾蕴洁 ,李卫芳 ,等. 水稻糊粉层的形成及其在萌发过程中的变化[ J ]. 扬州大学学报 1998 ,1( 1 ) :19—23.
- [ 11 ] 星川清亲. 小麦的结实に関する研究( 第 1 报 ) 胚乳形成初期的发生学的观察[ J ]. 日本作物学会纪事 ,1961 ,29 :253—257.
- [ 12 ] 星川清亲. 米の胚乳发达に関する组织形态学的研究( 第 1 报 ) :胚乳细胞组织的形成过程について[ J ]. 日本作物学会纪事 ,1967 ,36 :151—161.
- [ 13 ] Jensen W A ,P Shlz ,M E Aston. An ultrastructural study of early endosperm development and synergid changes in unfertilized cotton ovules[ J ]. Planta. 1977 ,133 :179—189.
- [ 14 ] Mares D J ,B A Seone ,C Jeffery. Early stages in the development of wheat endosperm II : Ultrastructural observation on cell wall formation. Aus[ J ]. J Bot. 1977 ,25 :599—613.

## A Contrast of the Endosperm Development between Rice and Wheat

Gu Yunjie ,Xiong Fei ,Wang Zhong ,Chen Gang ,Li Weifang

( Dept of Agron , Agric Coll , Yangzhou Univ , Yangzhou 225009 , PRC )

**Abstract :** The materials used in this experiment were rice variety ( *Oryza sativa japonica* ) Yinggeng 235 and wheat variety ( *Triticum aestivum* . L ) Yangmei 5. The division , differentiation and filling of their endosperm cells were studied by the method of total dissection , resin embedding , cutting section and other methods. The main differences between them were as follows : ( 1 ) Compared with the banana- shaped embryo sac in rice , the embryo sac in wheat looked like a pumpkin seed. The free nucleus and endosperm cells in wheat were larger than those in rice. ( 2 ) The primary division way of the free nucleus in rice was amitosis , While the one in wheat was mitosis. The divisive speed of the free nucleus and cells in rice was faster than in wheat. ( 3 ) The amyloplast and proteoplast in rice occurred to the 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> day after flowering respectively. However , those in wheat occurred to the 7<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> day after flowering respectively. ( 4 ) The amyloplast in rice endosperm was a plural one , that is , an amyloplast contained many starch grains , While an amyloplast in wheat contained only one starch grain. ( 5 ) The endosperm in rice contained two kinds of proteoplast , PB<sub>1</sub> and PB<sub>2</sub> , While the one in wheat contained only one kind of proteoplast. ( 6 ) There were a number of aleuronic layer cells on the back of rice endosperm and there were not inner-projections in the cell wall , While there were inner-projections around the cell wall of the aleuronic layer cells in abdominal vascular bundle in wheat. Furthermore , the inner-projection-cells could be changed into endosperm transfer cells.

**Key words** rice , wheat , endosperm , embryo-sac , amyloplast , proteoplast

[ 责任编辑 孙德泉 ]