

西瓜胚和胚乳的发育

王秀玲¹, 高新起¹, 任秋萍²

(1. 曲阜师范大学生物系, 山东曲阜 273165; 2. 聊城大学职业技术学院园艺系, 山东聊城 252000)

摘要: 应用显微技术对西瓜胚和胚乳的发育过程进行了观察并分析了西瓜胚珠败育的原因。西瓜胚发育属紫菀型。合子第一次分裂为不均等分裂, 形成的基细胞体积明显较顶细胞大, 两细胞均含有多个液泡。原胚发育过程中没有明显的胚柄。最外层的原胚细胞, 与胚乳细胞相邻的壁上被胼胝质物质包围, 且无外连丝存在; 与胚囊壁相接的壁上无壁内突结构。胚的子叶体积增长的同时, 子叶细胞内积累蛋白质和脂类物质, 多糖物质的含量下降。胚乳发育属核型, 在球形胚期开始自珠孔端向合点端细胞化, 胚子叶分化出后开始自珠孔端向合点端退化。胚乳合点端在球形胚早期形成发达的胚乳吸器, 开始呈游离核状态, 后细胞化, 在心型胚期之后退化。

关键词: 胚; 胚乳; 发育; 西瓜

中图分类号: Q944.46 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2002)05-0437-04

The embryo and endosperm development of watermelon

WANG Xiu-ling¹, GAO Xin-qi¹, REN Qiu-ping²

(1. Department of Biology, Qufu Normal University, Qufu 273165, China; 2. Department of Horticulture, Liaocheng University, Liaocheng 252000, China)

Abstract: The development of embryo and endosperm were observed in watermelon (*Citrullus lanatus*). Embryo development follows the Asterad type and has not obvious suspensor. The first division of zygote is uneven and the ground cell is bigger in size than the apical cell. There are no wall ingrowths on the outer walls of the outer layer embryo cells at micropylar end during the embryo developmental process. After the cotyledons are differentiated, protein and lipid begin to be accumulated but insoluble polysaccharide decreased in cells of cotyledons. Those cells of mature seed contain abundant globular protein bodies, which lots of lipid bodies are around them. Endosperm development follows the nuclear pattern, and endosperm cellularizates at globular embryo. At the stage of early globular embryo, tubular endosperm haustorium is present, which remains coenocytic, then cellularizates. Endosperm proper and haustorium gradually degenerate during the cotyledons growing and disappear in mature seed.

Key words: embryo; endosperm; development; watermelon

对于葫芦科西瓜属植物生殖生物学的研究资料不多, Chopra R. N. 等于 50、60 年代曾对 *Citrullus vulgaris* 和 *Citrullus fistulosus* 的雌配子体和胚乳的

发育进行了研究^(1,2), 对于广泛栽培的西瓜, 仅见 Buttrose M. S. 等用石蜡切片方法对其胚囊发育过程进行过观察⁽³⁾, 对其胚和胚乳的发育类型和发育

收稿日期: 2001-07-31

作者简介: 王秀玲(1971-), 女, 山东陵县人, 硕士, 讲师, 从事植物发育生物学研究。

过程未见有详细的报道。本文应用显微技术对西瓜的胚和胚乳及胚乳吸器的发育过程和发育的相关性进行了详细的观察。

1 材料和方法

实验材料为西瓜中熟品种“金钟冠龙”，1995年春和1996年春分别种植于山东农业大学校园内，温室育苗，露地定植，常规管理。

西瓜雌花清晨开放，花期为1 d。从开花当天起，每天上午(7:00~8:00)随机取部分胚珠，用4%戊二醛于室温下固定4 h(自开花后第7 d起，将部分胚珠的胚囊剥出后固定)；用做电镜观察的材料，用4%的戊二醛和2%锇酸双固定。磷酸缓冲液冲洗后经乙醇系列脱水，环氧丙烷置换，Epon-812环氧树脂渗透和包埋，在Reichert-Jung切片机上切片，厚度为1~2.5 μm，切片用TBO(苯胺蓝-O, pH9.0)-PAS(高碘酸-锡夫试剂)双重染色。西瓜子叶用PAS-ABB(苯胺蓝黑)双染，分别鉴定多糖和蛋白质，用苏丹黑鉴定脂类物质。OLYMPUS-BH2显微镜观察照相。用作荧光观察的塑料切片用0.005%的苯胺蓝(1/15 M磷酸缓冲液配置)(pH9.0)染色30 min, Olympus荧光显微镜观察。

2 结果

2.1 胚珠和胚囊的结构

西瓜子房内具倒生胚珠多个。胚珠厚珠心，双珠被(图版I:1)。开花当天，约有1/3的胚珠具有成熟的胚囊。成熟胚囊中卵器细胞具有明显的极性(图版I:2)。花粉管到达胚囊时，其中一个助细胞已退化(图版I:3)。开花后1~3 d完成受精作用。合子大液泡消失，极性减弱，内含有丰富的淀粉粒、油体等贮藏物质(图版I:4)。

2.2 胚的发育

西瓜胚发育属紫菀型。开花后第2~5 d合子进行第一次分裂，将合子分为基细胞和顶细胞，其基细胞和顶细胞的体积没有明显的差别，均含有多个小液泡(图版I:5)。顶细胞和基细胞分别纵裂(图版I:6、7)，再经多次分裂后于开花后5~10 d形成小球形胚(图版I:9, 图版II:16)、10~15 d形成大球形胚(图版I:8)。胚细胞的细胞核和核仁较大，细胞质浓，含有的淀粉粒比胚乳细胞多，荧光显微镜下观

察到最外层的胚细胞与胚乳细胞相邻的壁上有黄绿色的荧光，判断其为胼胝质物质，没观察到其上有外连丝存在(图版I:8,9,10)。开花后15 d左右胚分化出子叶(图版II:11)，开花后20 d的子叶内已分化出维管结构(图版II:12)。在原胚发育的各个时期，始终没有观察到西瓜有明显的胚柄，其珠孔端与胚囊相邻的胚的细胞壁上没有明显的壁内突结构(图版I:6~10)。

开花后20~35 d,西瓜子叶细胞迅速积累蛋白质。蛋白质在液泡分隔的同时在液泡内积累形成蛋白体，同时淀粉粒的含量在种子形成过程中逐渐下降(图版II:13,14)。电镜下观察到成熟的种子子叶细胞内大量的油体环绕着蛋白体，几乎没有淀粉粒存在(图版II:15)。光镜和电镜下均发现其细胞壁多处不连续(在薏苡种子上，席湘媛等将这种细胞群称为“合胞体”^[4])(图版II:15)。

2.3 胚乳的发育

西瓜胚乳的发育属核型。开花后第2 d观察到初生胚乳核先于合子进行第一次分裂(图版I:4)。球形胚期，胚乳本体由外向内，自珠孔端向合点端细胞化(图版I:8)。胚乳最外层细胞与胚囊壁相邻的壁上有发达的壁内突(图版II:18)，这种结构有利于胚乳细胞从胚囊外的珠心细胞吸收营养物质。胚的子叶分化出之后，胚周围的胚乳开始退化、解体，并随着子叶体积的迅速扩大自珠孔端向合点端退化，最终消失(图版II:11,12)。

胚乳发育到球形胚早期，胚囊合点端形成一管状的胚乳吸器(图版II:16,17)，吸器顶端插入珠心细胞吸收营养物质(图版II:19)。接着，吸器基部区域膨大成囊状，细胞质中含有多个核(图版II:20)。球形胚晚期，胚乳吸器自珠孔端向合点端迅速细胞化(图版II:21,22)。心形胚期后，胚乳吸器退化。

2.4 胚、胚乳与胚乳吸器发育的相关性

西瓜胚、胚乳、胚乳吸器发育的相关性见表1。球形胚早期，形成胚乳吸器，胚乳开始细胞化；球形胚晚期，胚乳吸器细胞化；胚分化出子叶后，胚乳本体和胚乳吸器开始退化。

3 讨论

3.1 西瓜胚和胚乳发育的特点

大部分被子植物原胚发育的过程中，胚具有发

达的胚柄,如荠菜^[5]、菘兰^[6]等,部分植物的胚柄还具有传递细胞的特性,有的还形成了吸器结构^[7],这些特殊的结构更有利于胚柄从周围组织吸收营养运输至胚体。有的植物胚柄不发达,但在原胚期仍具有几个细胞组成的胚柄结构^[8]。我们在对西瓜

胚的各个时期进行观察后发现其与大多数植物有所不同,西瓜胚没有明显的胚柄结构,并且在最外层胚细胞与胚囊壁相邻的壁上也没有壁内突结构存在,表明其原胚直接从胚囊外的珠心组织中吸收营养物质的能力较低。

表 1 西瓜胚和胚乳、胚乳吸器发育的相关性

Table 1 Relationship of embryo, endosperm and endosperm haustorium development in watermelon

开花后天数 Days after anthesis(d)	胚发育 Embryo development	胚乳发育 Endosperm development	胚乳吸器发育 Endosperm haustorium development
1~5	合子 Zygote	游离核胚乳期 Stage of free nuclei endosperm	—
5~10	球形胚早期 Early globular embryo	游离核胚乳增殖期—珠孔端的胚乳细胞化 Stage of increasing free nuclei endosperm— cellularization of endosperm near embryo	胚囊合点端形成管状胚乳 吸器 Tubular endosperm haustorium is present
10~15	球形胚晚期 Late globular embryo	胚乳向合点端细胞化 Cellularization of en- dosperm toward chalazal	胚乳吸器细胞化 Cellular- ization of endosperm haus- torium
15~20	心型胚期 Heart embryo	胚乳自珠孔端向合点端降解 Degeneration of endosperm from micropylar end to chalazal end	胚乳吸器开始降解 Degen- eration of endosperm haus- torium
20~35	子叶胚期,子叶细胞内开始积累蛋白 质和脂类物质。Cotyledon embryo,Pro- tein and lipid begin to accumulate.	胚乳消失 Endosperm disappears	胚乳吸器消失 Endosperm haustoriu disappears
35~45	成熟胚期,蛋白体和脂体形成。Mature embryo, Protein bodies and lipid bodies are present in cotyledon embryo.	—	—

胚乳吸器这一结构在多种植物上已有报道^[9,10]。根据已有的报道,即使同一属的植物其发育类型也不尽相同,如 *Citrullus fistulosus* 的胚乳吸器最终细胞化, *Citrullus vulgaris* 一般以游离核形式存在^[2],西瓜的吸器发育类型同 *Citrullus fistulosus*。胚乳吸器的功能为:从周围的组织吸收营养物质经胚乳本体转运到胚,最终供胚发育用^[11],其形态学依据为吸器细胞具有发达的壁内突,这在多种植物上已得到超微结构的证实,如桔梗^[10]。我们对大量具有胚乳吸器的材料分别进行了横切和纵切,结果都没有观察到吸器具有壁内突结构。用 ATP 酶定位技术处理后,电镜下观察到吸器细胞壁上有大量的 ATP 酶沉淀,而胞间连丝上很少或几乎没有酶反应颗粒^[12],因此推测可能西瓜胚乳吸器的结构较特殊,其细胞壁结构较松散,一些营养物质可直接通过这种质外体的形式从珠心组织通过胚乳吸器向胚乳本体转运。

参考文献:

[1] Chopra R N, Bithika basu. Female gametophyte and endosperm of some numbers of the *Cucurbitaceae*[J].

Phytomorphology, 1965, **15**: 217—223.

- [2] Chopra R N. Some observations on endosperm development in the Cucurbitaceae [J]. *Phytomorphology*, 1955, **5**: 219—230.
- [3] Buttrose M S, M Sedgleg. Anatomy of watermelon embryo sacs following pollination, non-pollination or parthenocarpic induction of fruit development [J]. *Ann. Bot.*, 1979, **43**: 141—146.
- [4] 席湘媛, 叶宝兴, 冷梅. 薏苡种子胚芽鞘细胞的结构[J]. 云南植物研究, 1998, **20**(4): 419—423.
- [5] Schulz R, Jensen W A. Capsella embryogenesis: The egg, zygote and young embryo [J]. *Amer. J. Bot.*, 1968, **55**: 807—819.
- [6] 席湘媛. 菘兰胚和胚乳的发育及营养物质的组织化学[J]. 植物学报, 1993, **35**(1): 35—43.
- [7] Yeung E C, Clutter M E. Embryogeny of phaseolus couineus: The structure and development of suspensor [J]. *Can. J. Bot.*, 1979, **57**: 120—136.
- [8] 李师翁, 屠骊珠. 白刺胚和胚乳发育的研究[J]. 植物学报, 1991, **33**(7): 500—506.
- [9] 高新起, 席湘媛. 荞麦胚和胚乳的发育及贮藏营养物质的积累[J]. 云南植物研究, 2000, **22**(4): 541—

455. 社, 1982. 91—93.
- [10] 韩 森, 田国伟, 申家恒. 桔梗胚乳吸器结构研究 [J]. 西北植物学报, 1997, 17(2): 147—151.
- [11] 胡适宜. 被子植物胚胎学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1982. 91—93.
- [12] 王秀玲, 高新起, 张恒悦. 西瓜胚乳吸器的发育及 ATP 酶超微细胞化学定位[J]. 西北植物学报, 2001, 21(2): 301—305.

图版说明

Em-胚; En-胚乳; Ha-胚乳吸器; N-珠心细胞; Z-合子。

图版 I 1. 一个完整的胚珠 ×26; 2. 一个完整的胚囊(开花当天) ×660; 3. 受精后的合子和退化助细胞(开花后 1 d) ×990; 4. 合子和两个胚乳游离核(箭头)(开花后 2 d) ×990; 5. 合子第 1 次分裂, 上部为基细胞, 下部为顶细胞(开花后 3 d) ×605; 6. 顶细胞纵分裂(开花后 5 d) ×660; 7. 基细胞纵裂(开花后 5 d) ×660; 8. 球形胚晚期, 胚周围的胚乳进行细胞化, 注意胚囊的中央(*)还没有细胞化(开花后 10 d) ×132; 9. 球形胚早期的珠孔端, 最外层胚细胞的外周壁上没有壁内突(开花后 7 d) ×132; 10. 最外层的胚与胚乳相邻的壁上无外连丝结构(开花后 7 d) ×660。

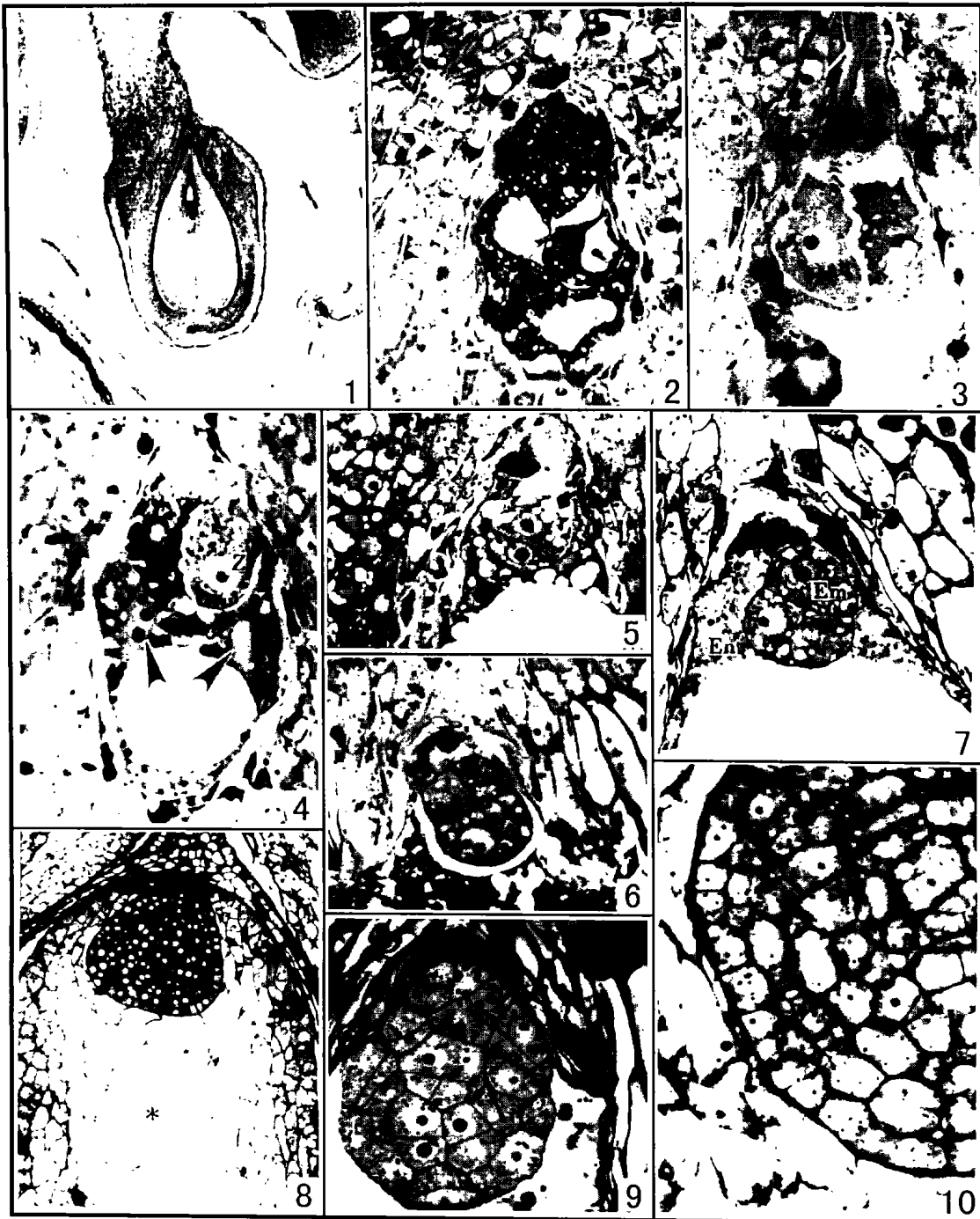
图版 II 11. 胚分化出子叶, 胚周围的胚乳细胞已退化(开花后 15 d) ×26; 12. 子叶胚(开花后 20 d) ×26; 13. 子叶细胞质内的淀粉粒(箭号)和液泡内开始积累的蛋白质(箭头)(开花后 20 d) ×1 320; 14. 子叶细胞内在液泡内积累形成的蛋白质团块(箭头)(开花后 30 d) ×1 110; 15. 示成熟种子(开花后 40 d)子叶细胞内贮存物质。A: 电镜照片, 示蛋白体(箭头)和油体 ×3 560; B: 光镜照片, 示蛋白体 ×1 320; 16~17. 为同一张切片, 示球形胚早期胚囊合点端形成的管状胚乳吸器(开花后 7 d) ×132; 18. 最外层胚乳细胞的外周壁上的壁内突(箭头)(开花后 10 d) ×264; 19. 管状吸器横切面, 注意吸器壁上没有壁内突结构 ×520; 20. 胚乳吸器基部膨大, 吸器内有多个游离核(开花后 10 d) ×132; 21. 胚乳吸器自珠孔端向合点端细胞化(开花后 15 d) ×132; 22. 完全细胞化了的胚乳吸器(开花后 16 d) ×132。

Explanation of Plates

Em-Embryo; En-Endosperm; Ha-Haustorium; N-Nuclear cell; Z-Zygote.

Plate I 1. Anotropus and bitegminous ovule ×26; 2. A mature embryo sacs at the flowering day ×660; 3. Zygote and degenerated synergid on 1 day after anthesis(DAA) ×990; 4. Zygote and two free endosperm nuclei(arrow)(2 DAA) ×990; 5. The first division of zygote(3 DAA) ×605; 6. Division of apical cell(5 DAA) ×660; 7. Division of ground cell(5 DAA) ×660; 8. Globular embryo, cellularization of endosperm. * note free nuclei endosperm(10 DAA) ×132; 9. Early globular embryo, without wall ingrowths on the outer wall of the outer embryo cells at the micropylar end(7 DAA) ×132; 10. Cells of embryo and the deposition of polysaccharide on the boundary wall of endosperm and embryo(7 DAA) ×660.

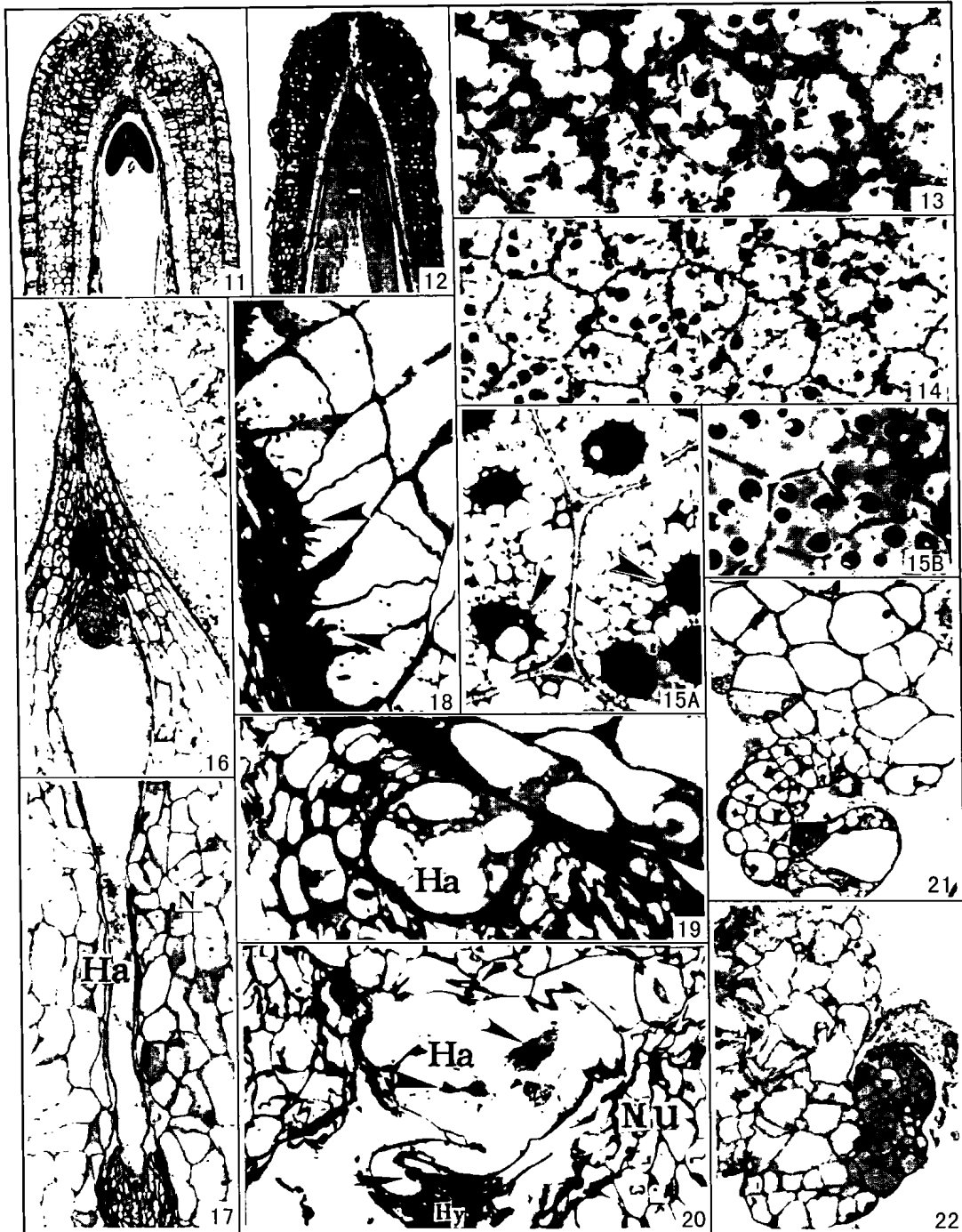
Plate II 11. Cotyledons differentiation from embryo and endosperm cells degeneration near embryo(15 DAA) ×26; 12. Cotyledon embryo(20 DAA) ×26; 13. Protein accumulation in vacuoles(arrow head)and starch grains in cytoplasm(arrow) of cotyledon cells ×1 320; 14. Protein accumulation (arrow head) in vacuoles (30 DAA) ×1 110; 15. Oil bodies (15A ×3 560)and protein bodies(15B ×1 320)in cotyledon cells of mature seed(40 DAA); 16~17. Tubular haustorium at early globular embryo(7 DAA) ×132; 18. Wall ingrowths on the outer wall of the outer endosperm cells(arrow head) ×264; 19. Cross section of tubular endosperm haustorium, without wall ingrowths on the wall of haustorium(7 DAA) ×520; 20. Swollen haustorium(10 DAA) ×132; 21. Cellularization of endosperm haustorium from micropylar end to chalazal end(15 DAA) ×132; 22. Cellularized endosperm haustorium ×132.



See explanation at the end of text

王秀玲, 等:
WANG Xiu-ling, *et al.* :

图版 II
Plate II



See explanation at the end of text