

Г. М. КОЗУБОВ

УЛЬТРАСТРУКТУРА КЛЕТОК ЭНДОСПЕРМА И СПОРОДЕРМЫ В СЕМЯПЧКЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *PINUS SILVESTRIS*

(Представлено академиком Н. В. Цициным 20 VIII 1970)

Семяпочка сосны обыкновенной крассинуцеллятная и к моменту созревания состоит из интегумента, нуцеллуса, эндосперма и архегониев. Зародышевый мешок окружен сложной оболочкой — спородермой. Нуцеллус в семяпочке второго года развития состоит из 3 слоев: внешнего, примыкающего к интегументу, среднего и внутреннего (¹). При этом клетки внутреннего слоя, непосредственно окружающие зародышевый мешок, имеют строение, сходное с секреторными клетками, и, по Д. А. Транковскому (²), представляют железистый слой, играющий большую роль в снабжении метаболитами зародышевого мешка.

Для понимания функций этого слоя и формирования спородермы большой интерес представляет изучение тонкого строения их клеток. В настоящий момент ультраструктура почти не изучена. В литературе имеются лишь единичные разноречивые данные по строению спородермы голосеменных (^{3, 4}).

В связи с этим нами проводились электронномикроскопические исследования семяпочек сосны второго года развития в период, предшествующий оплодотворению. Материал фиксировали по Колфилду и заливали в смесь метакрилатов в Эпон 812 (⁵). Препараты просматривали и фотографировали в электронном микроскопе УЭМВ-100.

Общее строение клеток нуцеллуса было описано нами ранее (⁶). В данной статье приведены данные только по ультраструктуре клеток выстилающего слоя и оболочек зародышевого мешка.

Выстилающий слой в семяпочке сосны состоит из округлых клеток, с крупными ядрами. Хроматин в ядрах плотный и распределен в виде отдельных глыбок. Ядра, как правило, расположены в центре клеток. Цитоплазма в клетках обильно насыщена различными органеллами. Эндоплазматический ретикулум образует длинные каналы и в основном образован гладкими мембранами. Часто наблюдаются параллельные ряды из нескольких каналов эндоплазматического ретикулума. Рибосомы и полисомы лежат свободно, иногда образуют отдельные скопления. В клетках содержатся многочисленные пластиды, часть из которых имеет гранулы крахмала с признаками начавшегося лизиса. Ламеллы в пластидах расположены поперечно, матрикс несколько светлее гиалоплазмы. Митохондрии относительно немногочисленны, овальной формы, часто локализованы периферически. Упаковка крист не плотная. Диктиосомы встречаются редко и состоят из 5—7 цистерн. Большинство из них находилось в гиперсекреторном состоянии. В цитоплазме выстилающего слоя много мелких вакуолей, которые плотно примыкают друг к другу, образуя ячеистые структуры. В клетках весьма многочисленны липидные глобулы, имеющие на срезах волнистые очертания, локализованные периферически.

Выстилающий слой непосредственно не примыкает к зародышевому мешку, а отделен от последнего полостью. Клеточные стенки, обращенные к спородерме, лизируют, и между клетками имеются глубокие каналы.

В их цитоплазме также образуются полости, соединяющиеся каналами с полостью, окружающей зародышевый мешок. В полостях и каналах наблюдалось скопление мелких телец, имеющих $0,2-0,4 \mu$ в диаметре (рис. 1а). Плотность их неоднородная: высокая по периферии и низкая в центральной части. По характеру локализации и по строению они весьма схожи с тельцами Убиша, изученными ранее в клетках выстилающего слоя пыльников растений (^{7, 8}). В полости, окружающей зародышевый мешок, также встречаются отдельные аналогичные структуры и фибриллярный материал.



Рис. 2. Схема клеток выстилающего слоя, эндосперма и спородермы в семяпочке сосны. 1 — границы клеток эндосперма; 2 — вакуоль; 3 — ядро; 4 — диктиосома; 5 — плазмалемма и одианная мембрана спородермы; 6 — эндоспора; 7 — мезоспора; 8 — экзоспора; 9 — каналы эндоплазматического ретикулума; 10 — каналы с неидентифицированными тельцами; 11 — липиды; 12 — рибосомы; 13 — митохондрии; 14 — мелкие вакуоли; 15 — пластиды; Э — эндосперм; Н — выстилающие клетки нуцеллуса

экзоспору — самый внешний слой, состоящий из крупных электронноплотных гранул; мезоспору — слой, состоящий из мелких гранул и фибрилл; гомогенную эндоспору и внутреннюю мембрану спородермы, которая представляет собой одианную мембрану, прилегающую к плазмалемме клеток эндосперма. Клетки последнего в этот период не имеют четких стенок, однако между ними можно было проследить светлые полосы, разделяющие цитоплазму соседних клеток.

Клетки эндосперма сильно вакуолизированы, и цитоплазма в них расположена в виде длинных тонких, сильно извитых тяжей. Несмотря на небольшой объем, цитоплазма сильно насыщена клеточными органеллами: пластидами, митохондриями, диктиосомами, мембранами эндоплазматического ретикулума. В слое цитоплазмы, прилегающем к спородерме, имеются многочисленные диктиосомы. Общая схема расположения клеток выстилающего слоя, спородермы и эндосперма приведена на рис. 2.

Спородерма на электронных микрофотографиях состоит из четырех компонентов: 1) внутренней извилистой мембраны, аналогичной плазмалемме; 2) плотного гомогенного слоя $0,35-0,40 \mu$ толщиной; 3) слоя мелких электронноплотных глобул $0,03-0,05 \mu$ в диаметре, образующих иногда цепочки; 4) внешнего слоя, состоящего из плотных глобул, $0,2-0,3 \mu$ в диаметре (рис. 1, б, в).

В третьем слое наряду с глобулами имелись мелкие фибриллы. Толщина этого слоя составила $1,1-1,2 \mu$, а слоя крупных гранул (четвертого) $0,7-1,0 \mu$.

Общая толщина спородермы около 3μ , что совпадает с данными, полученными световой микроскопией (^{1, 9}).

В эмбриологии голосеменных спородерма обычно подразделяется на экзо- и эндоспору (¹). Она фактически состоит из 4 компонентов, которые четко прослеживаются на большей части ее протяжения. В связи с этим, по нашему мнению, целесообразно выделить

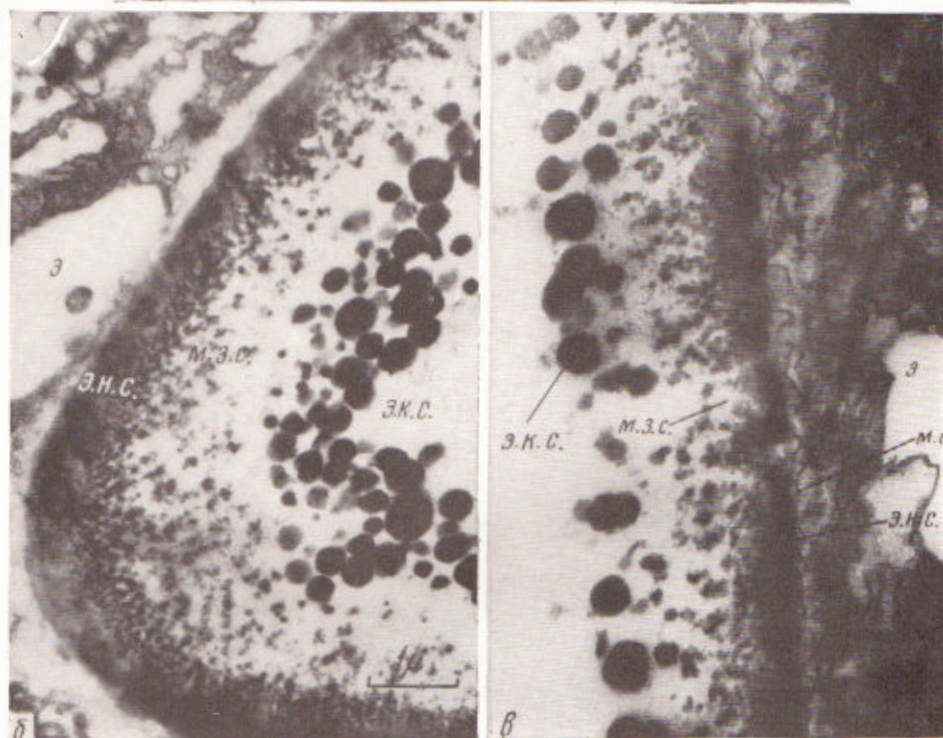
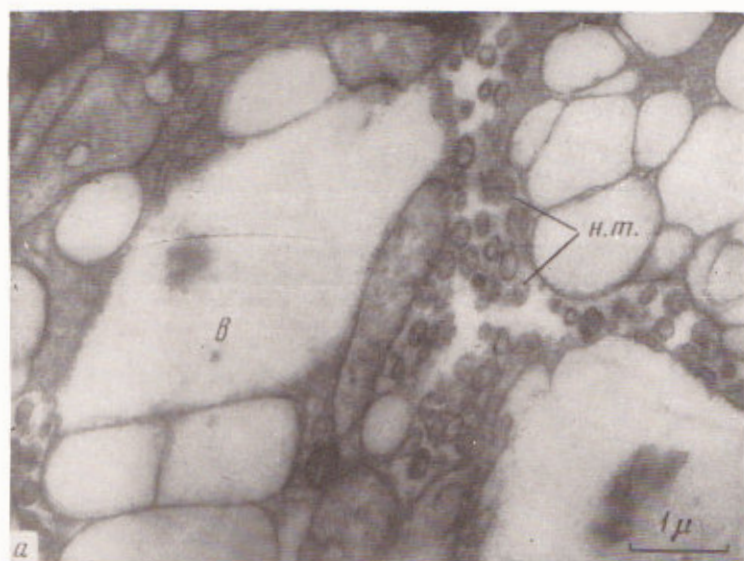


Рис. 1. Фрагмент клетки выстилающего слоя (а); спородерма зародышевого мешка (б, в); н.т. — неидентифицированные тельца; л — вакуоль; э — эндосперм, эк.с. — экзоспора; м.э.с. — мезоспора; энд.с. — эндоспора; м.с. — мембрана спородермы

Проведенные исследования позволяют сделать предположение, что в семязпочке хвойных клетки выстилающего слоя выполняют функции, сходные с ролью клеток выстилающего слоя пыльников, и поставляют, помимо трофических продуктов, соединения, идущие на построение спородермы. В период формирования спородермы эти клетки образуют периплазмодий. Клетки эндосперма, по-видимому, также принимают участие в процессе формирования спородермы, о чем говорит повышенная активность аппарата Гольджи в зоне, прилегающей к спородерме.

Наблюдаемые тельца в клетках выстилающего слоя, хотя морфологически сходны с тельцами Убиша, не могут быть окончательно идентифицированы, так как известно, что тельца Убиша содержат спорополленин, который не обнаружен в спородерме хвойных. Для их идентификации необходимы электронные цитохимические исследования, которые нами не проводились.

Институт леса
Карельского филиала Академии наук СССР
Петрозаводск

Поступило
17 VIII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ K. Schnarf, *Embryologie der Gymnospermen*, Jena, 1933. ² Н. В. Цингер, *Семя, его развитие и физиологические свойства*, 1958. ³ K. D. Stewart, E. M. Gifford, *Am. J. Bot.*, 54, № 3 (1967). ⁴ I. Pettitt, *J. Linn. Soc., London. (Bot.)*, 59, № 379 (1966). ⁵ D. Kay, *Techniques for Electron Microscopy*, Oxford, 1967. ⁶ Г. М. Козубов, М. А. Тихова, Г. М. Сулимова, *Лесоведение*, № 2 (1970). ⁷ I. Heslop-Harrison, *Cell Differentiation. Symp. of the Soc. for Exp. Biol.*, N. Y., № 17 (1963). ⁸ P. Echlin, H. Godwin, *J. Cell Sci.*, 3, № 2 (1968). ⁹ C. Chamberlain, *Gymnospermen: Structure and Evolution*, Chicago, 1935.