

УДК 576.3.582.29

A. M. НУРУШЕВА

## ЛИШАЙНИК *PARMELIA VAGANS* Nyl. П УЛЬТРАСТРУКТУРА ФИКОБИОНТА

(РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции» МОН РК, г. Алматы)

В сообщении приводятся результаты электронно-микроскопического исследования фикобионата лишайника *Parmelia vagans*. Дано описание ультраструктуры водоросли *Trebouxia* – симбионта лишайника *Parmelia vagans*.

С помощью электронной микроскопии исследовали тонкую организацию водорослевого компонента листоватого лишайника *Parmelia vagans*. С этой целью материал фиксировали 2 % глутаровым альдегидом на 0.5 М какодилатном буфере (рН 7.4) с последующей фиксацией в тетраксиде осмия по общепринятой методике, обезвоживали серией спиртов возрастающей концентрации и абсолютным ацетоном и заключали в эпоксидную смолу «Аралдит».

Ультратонкие срезы приготавливали с помощью ультрамикротома LKB-III, окрашивали уранилacetатом и цитратом свинца [1]. Просмотр ультратонких срезов осуществляли в электронном микроскопе GEM-7.

### Результаты исследования и их обсуждение

Данное сообщение является продолжением проводимых ранее исследований по изучению тонкого строения листоватого лишайника *Parmelia vagans*, фикобионтом, которого является одноклеточная зеленая водоросль *Trebouxia*. На полученных электронномикрофотографиях клеточная оболочка имеет относительно равномерную электронную плотность, которая несколько увеличивается на периферии. Четкого разделения на слои не наблюдается. Материал оболочки мелкозернистый. В некоторых участках зернистость ориентируется концентрически, образуя длинные цепочки, преимущественно в периферической зоне. Между цитоплазматической мембраной и клеточной оболочкой на некоторых участках видна узкая зона просветления. Плазматическая мембра имеет ровные очертания с единичными неглубокими инвагинациями. Характерно, что «донце» каждой инвагинации имеет утолщенный электронно-плотный вид.

Постоянство уплотненных участков в зоне инвагинаций дает основание считать, что они не являются артефактом, связанным с их расположением по отношению к плоскости среза.

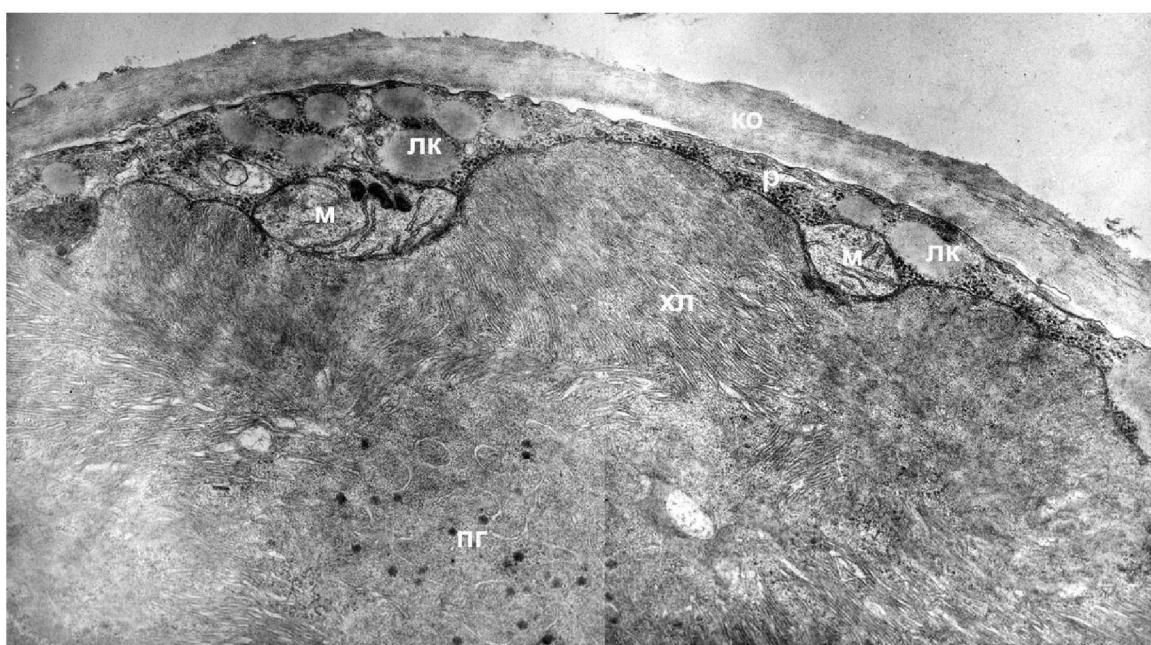
Цитоплазма занимает узкую полосу по периферии клетки, порядка 20–30 нм шириной. Она ограничена с периферии цитоплазматической мембраной, а изнутри оболочкой хлоропласта. В этой зоне располагаются митохондрии, короткие каналы и цистерны эндоплазматического ретикулума, многочисленные рибосомы и полисомы, липидные капли.

Граница хлоропласта имеет неровные очертания, образуя небольшие углубления, в которых обычно располагаются митохондрии.

В отличие от ранее описанной нами одноклеточной зеленой водоросли *Cocotuxha* – фикобионта лишайника *Peltigera aphthosa* (L.) Willd. [2] в фикобионте *Parmelia vagans* присутствует пиреноид.

Пиреноид представляет собой трехкомпонентную систему, состоящую из основного вещества (стромы), погруженных в него дисков и часто обкладки [3]. По данным одних авторов [4–6] пиреноидный матрикс имеет гранулярную природу, по данным же других авторов [4, 7] – фибрillлярную. Так, S. Gibbs [5] сообщал, что матрикс пиреноида после фиксации тетраксидом осмия состоял «из плотно упакованных фибрилл». Сейчас большинство исследователей сходятся на том, что матрикс пиреноида отличается от матрикса хлоропласта только более высокой плотностью и гомогенностью содержимого.

В матриксе пиреноида у некоторых как свободноживущих водорослей [8, 9], так и у фикобионтов лишайников обнаруживаются многочисленные электронно-плотные глобулы – пиреноглобулы или пластоглобулы [10, 11]. Глобулы содержат липиды и, вероятно, функционируют как



**Рис. 1.** Участок клетки водоросли: КО – клеточная оболочка, М – митохондрии, Хл – хлоропласт, ЛК – липидные капли, ПГ – пластоглобулы

вторичные запасные продукты. Интересно, что пиреноглобулы имеют такую же структурную конфигурацию как пиреноидный матрикс и состоят из плотно упакованных гранул и фибрill. Кроме того, было замечено, что, когда пиреноглобулы присутствуют в пиреноидном матриксе, они ассоциируются с тилакоидными мембранами.

Ламеллярная система пиреноида представлена либо одиночными, либо собранными в пачки тилакоидами. В одних случаях ламеллярная система, попадая из хлоропласта в пиреноид, не претерпевает каких бы то ни было, заметных изменений, в других – подобный переход сопровождается увеличением толщины тилакоидов при уменьшении их числа в пачках [12]. Прохождение тилакоидов через пиреноид может быть разнообразным, и связан с возрастом организма или его физиологическим состоянием. Часто молодые клетки в культуре содержат более регулярные большие количества тилакоидов пиреноида, чем старые.

Многими исследователями показана активная роль пиреноида в синтезе различного рода соединений, и в первую очередь, крахмала [13]. Высказывается предположение, что пиреноид участвует в ряде метаболических процессах, о чём могут свидетельствовать обнаруженные,

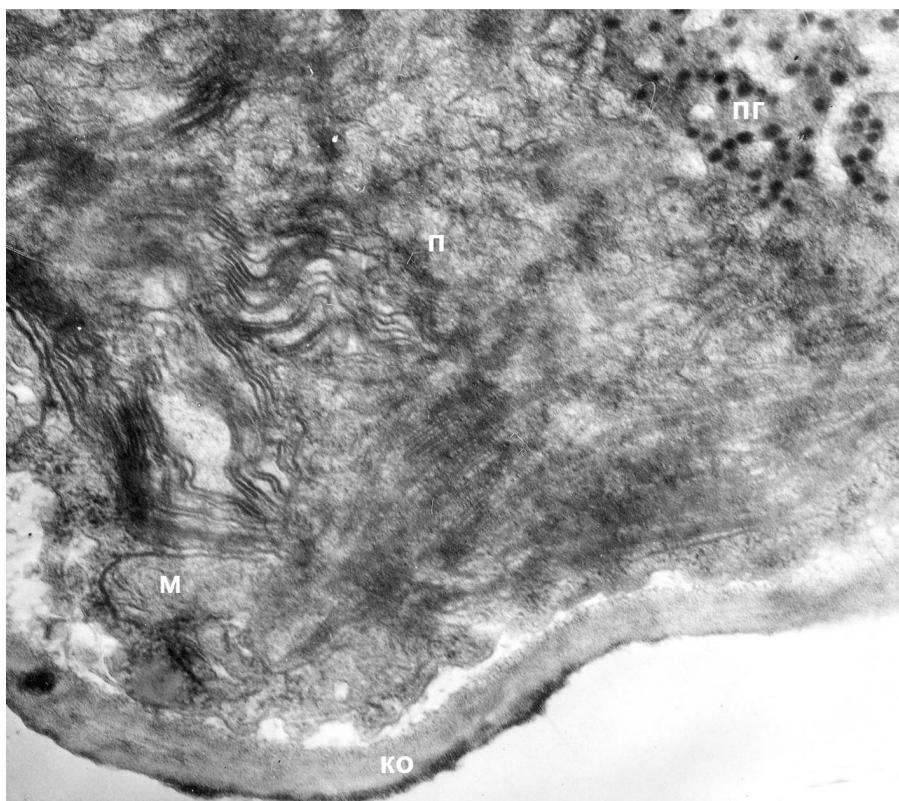
хотя и в небольших количествах, ДНК, РНК, хлорофилл, ферменты.

Опыты с *Chlorella sp.* показали наличие корреляции между размером пиреноида, количеством ферментов и активностью фотосинтетического аппарата. Предполагается, что пиреноид несет на себе функцию «депо» фотосинтетических ферментов, в частности, рибулезо-1,5-дифосфаткарбоксилазы [14]. Основной же функцией пиреноида является участие в накоплении запасных питательных веществ.

На полученных нами препаратах обнаружено, что в зоне пиреноида практически отсутствуют упорядоченные фотосинтетические ламеллы. Пиреноид содержит мелкозернистый материал и пронизан отдельными извитыми цистернами. Выявляются также многочисленные пиреноглобулы 20–30 нм диаметром.

Фотосинтетические мембранны хлоропласта располагаются по периферии хлоропласта, образуя пакеты из 10–15 до 50–100 тилакоида. Фотосинтетические мембранны лежат параллельными рядами в пределах одного пакета, тогда как соседние пакеты могут занимать не сходные направления.

Такое упорядоченное расположение фотосинтетических мембранных, характерное для большинства хлоропластов водорослей, в других клетках



**Рис. 2.** Фрагмент клетки фикобионта *Parmelia vagans*:  
КО – клеточная оболочка, М – митохондрии, ПГ – пластоглобулы

может нарушаться за счет того, что отдельные мембранные или часть мембран выглядят набухшими и извитыми, хотя в том же хлоропласте могут встречаться пакеты с плотно упакованными мембранными мембранами.

Рибосомный материал в хлоропластах располагается узкими зонами между отдельными пакетами.

Полисомы, характерные для цитоплазмы, практически отсутствуют в хлоропластах.

Таким образом, ультраструктура одноклеточной зеленой водоросли *Trebouxia* – фикобионта лишайника *Parmelia vagans* сходна по строению со свободно живущими зелеными водорослями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Reynolds E. The Use Lead Citrate at high pH as an electron stain in electron microscopy // J. Cell Biol. 1963. V. 17, N 1. P. 208-213.
2. Нурушева А.М. Ультраструктура лишайника *Peltigera aphthosa* (L.) Willd. // Вестник КазГНУ. Сер. биол. 2010. N 2. С. 23-27.
3. Fisher K., Lang N. Ultrastructure of the pyrenoid of *Trebouxia* in *Ramalina mensiesii* Tuck // J. Phycol. 1971. V. 7, N 1. P. 25-37.
4. Sager R., Palade G.E. Structure and Development of the chloroplast in *Chlamydomonas*. I. The normal green cell // J. Biophys. et Biochem. Cytol. 1957. V. 3, N 3. P. 463-487.
5. Evans L. Distribution of pyrenoids among some brown algae // J. Cell. Sci. 1966b. V. 1, N 4. P. 449-454.
6. Dodge J.D., Crawford R.A. A fine-structural survey of dinoflagellate pyrenoids and food-reserves // Bot. J. Linn. Sci. 1971a. V. 64, N 2. P. 105-115.
7. Седова Т.В. Основы цитологии водорослей // Л.: Наука, 1977. 172 с.
8. Silverberg B.A., Sawa T. The ultrastructural study of the pyrenoids in cultured cells of *Chlorella variegata* (*Chlorococcales*) // New Phytologist. 1974. V. 73, N 1. P. 143-146.
9. Lichtenhaler H. Plastoglobuli and the fine structure of plastids // Endeavour. 1968. N 27. P. 144-149.
10. Peveling E. Die Feinstruktur vegetativer Flechtenthalli nach Untersuchungen mit dem Durchstrahlungs- und Oberflächen-RasterElektronenmikroskop. Habilitationsschrift der Math. // Nat. Fak. Univ. Munster. 1968. V. 9. P. 451-461.
11. Титлянов Э.А., Машанский В.Ф., Воскобойников Г.М. Продолжительное действие полной темноты на ультраструктуру хлоропластов и ассимиляционную способность талломов // В сб.: Электронная микроскопия в ботанических исследованиях. Мат-лы 3-го Всесоюз. Симпоз. по применению электронной микроскопии в ботанических исследованиях. Петр заводск, 1974. С. 190-192.
12. Bisalputra T., Weier T. The pirenoïd of *Scenedesmus quadricauda* // Amer. J. Bot. 1964. V. 51, N 8. P. 881-899.

13. Владимирова М.Г. К изучению функциональной роли пиреноида в клетке хлореллы // В сб.: Электронная микроскопия в ботанических исследованиях. Мат-лы 3-го Всесоюзн. симпоз. по применению электронной микроскопии в ботанических исследованиях. Петрозаводск, 1974. С. 25-26.

### **Резюме**

*Parmelia vagans* Nyl. қына *Trebouxia* фикобионтасының электронды-микроскопиялық зерттеу

нәтижелері берілген. *Trebouxia* фикобионтасының ультракұрылышы *Parmelia vagans* қынаның құрылышы жағынан ерікті жасыл балдырмен үқсас.

### **Summary**

Results of electron-microscope study at lichen phycobiont *Parmelia vagans* Nyl. are adduced in the paper. Ultrastructure of alga symbiotic was showed.