

А. В. ПИКАЛОВ, Л. И. ПУЧКОВА, Л. С. САНДАХЧИЕВ

**СУБКЛЕТОЧНАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ  
ФАКТОРОВ В ACETABULARIA MEDITERRANEA НА СТАДИЯХ  
ПЕРЕНОСА И РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

*(Представлено академиком Б. Л. Астауровым 3 VI 1971)*

У одноклеточной одноядерной водоросли *Acetabularia* можно экспериментально разобщать этапы переноса генетической информации из ядра в цитоплазму и ее реализации в процессе формообразования. Так, в темноте не наблюдаются рост и морфогенез, однако в цитоплазму интенсивно поступают морфогенетические факторы ядерного происхождения и этот процесс легко приостановить удалением ризоида с ядром. Реализация генетической информации в полученных таким образом безъядерных фрагментах начинается после помещения их на свет, что приводит к формированию на апикальном конце стебля репродуктивного органа — шляпки (<sup>1-3</sup>). Геммерлингом было обнаружено, что и в темноте, и на свету «морфогенетические вещества», определяющие биосинтез шляпки, накапливаются в апикальном участке стебля, удаленном от ризоида с ядром на несколько сантиметров (<sup>3, 4</sup>). Нами было показано, что удаление части цитоплазмы из активно растущего апикального конца водоросли с помощью центрифугирования не изменяет локализацию этих веществ, что говорит об их достаточно прочной интеграции в апикальных структурах стебля (<sup>5</sup>).

Цель настоящего исследования состояла в сопоставлении локализации «морфогенетических веществ» в цитоплазме *Acetabularia* на этапах переноса и реализации генетической информации. Экспериментальный подход, примененный нами, состоял в том, что безъядерные фрагменты центрифугировали в базальном направлении и отделяли базальную половину с перемещенной в нее частью «апикальной» цитоплазмы.

Морфогенез такого фрагмента сравнивали с морфогенезом базальных половин нецентрифугированных безъядерных фрагментов.

Для такого опыта из растений длиной 35—50 мм предварительно получали содержащие ядро фрагменты длиной 25 мм, которые на 10 суток помещали в темноту. После этого стебель на расстоянии 1—2 мм от ризоида перевязывали и ризоид удаляли. Полученные безъядерные фрагменты помещали в непрерывный свет (2500 лк) и через различные промежутки времени часть растений центрифугировали в базальном направлении при 1300 *g* для получения базального фрагмента с «апикальной» цитоплазмой. Одновременно для контроля часть нецентрифугированных безъядерных фрагментов разрезали на апикальные и базальные половины. Детали экспериментов описаны нами раньше (<sup>5</sup>). Схема опытов приведена на рис. 1.

Морфогенез оценивали количественно как процент фрагментов, образовавших шляпки через 15 дней после опыта (размер шляпок не учитывали), и статистическую обработку результатов проводили по методу угла Ф Фишера для доверительного интервала  $P = 0,95$ .

На рис. 1 и в табл. 1 приведен морфогенез контрольных безъядерных фрагментов (опыт № 1), их апикальных (опыт № 2) и базальных (опыт № 3) половин, а также базальных половин с перемещенной в них апикальной цитоплазмой (опыт № 4). Сравнение результатов опыта № 1 по разно-

Таблица 1

Влияние времени выдерживания на свету на способность «апикальной» цитоплазмы к индукции морфогенеза в базальном участке стебля

| № опыта | Время постановки опыта после начала освещения, час. |           |           |           |           |           |
|---------|-----------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | 0                                                   | 12        | 24        | 36        | 48        | 84        |
| 1 а     | 51,5                                                | 52,0      | 47,2      | 59,2      | 52,9      |           |
| б       | 39,6—63,3                                           | 36,9—66,9 | 33,7—60,9 | 44,5—72,7 | 43,9—62,8 |           |
| 2 а     | 42,4                                                | 30,4      | 33,5      | 30,2      | 45,2      | 36,2      |
| б       | 32,6—52,5                                           | 21,7—39,8 | 27,1—40,2 | 21,7—39,5 | 38,0—52,6 | 22,9—50,6 |
| 3 а     | 7,12                                                | 13,9      | 2,0       | 0,7       | 0,4       |           |
| б       | 4,5—11,0                                            | 7,9—21,2  | 0,7—3,9   | 0—2,9     | 0—1,4     | 0         |
| 4 а     | 39,4                                                | 44,2      | 18,1      | 15,1      | 7,3       |           |
| б       | 34,2—44,6                                           | 34,3—54,4 | 13,7—23,0 | 10,2—20,7 | 4,6—10,7  | 0         |

Примечание. а — процент шляпок, б — доверительный интервал на 15 день после начала опыта.

му времени выдерживания на свету (в каждое время проводили случайную выборку из выращиваемых совместно безъядерных фрагментов) показывает хорошую воспроизводимость данных по морфогенезу. Как и следовало ожидать, морфогенез в этих случаях практически одинаков.

В опытах №№ 2 и 3 отчетливо демонстрируется полярное распределение «морфогенетических веществ» по стеблю, как это и отмечалось Геммерлингом (<sup>3</sup>, <sup>4</sup>). Морфогенез апикальных половин достоверно выше независимо от того, когда проводили фрагментацию безъядерного фрагмента на апикальную и базальную половину.

Следует отметить, что после выдерживания в темноте (0 и 12 час.) в базальных фрагментах наблюдается отчетливый морфогенез, который практически отсутствует уже через 24 часа освещения. Возможно, это отражает стационарную концентрацию «морфогенетических веществ» в процессе переноса из ядра в апикальный конец стебля. Наиболее интересные результаты были получены при оценке морфогенеза базальных фрагментов с пере-

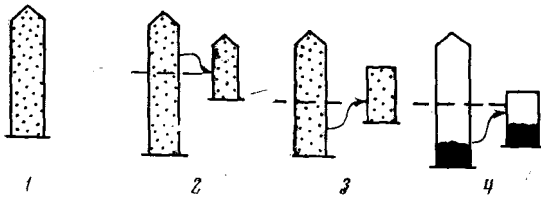


Рис. 1. Схема опытов. 1—4 — порядковые номера опытов. Точками обозначена цитоплазма периферизированных растений; сплошным черным цветом — осаждаемые компоненты цитоплазмы; сплошная линия — лигатура, пунктирная — место разрезания

мещенной в них частью «апикальной» цитоплазмы (опыт № 4). Сразу после выдерживания в темноте (0 и 12 час. освещения) в таких базальных фрагментах «апикальная» цитоплазма индуцирует значительную способность к морфогенезу. Фактически в этих точках морфогенез не ниже, чем в контрольных апикальных половинах (опыт № 2). При дальнейшем освещении индуцирующий эф-

фект «апикальной» цитоплазмы закономерно уменьшается и после 48 час. освещения совершенно отсутствует.

Таким образом, очевидно, что хотя общая топография и содержание «морфогенетических веществ» в апикальной половине остаются практически неизменными, их локализация принципиально различна в зависимости от времени выдерживания на свету. В темноте эти вещества транспортируются и концентрируются в апикальном конце стебля, и этот концентрационный градиент локализован в подвижной, легко смещаемой в центробежном поле фракции цитоплазмы. Освещение индуцирует морфогенез и обуславливает прогрессивную стабилизацию этого «динамического градиента» (<sup>4</sup>) путем перехода «морфогенетических веществ» или продуктов их молекулярных превращений в структурно интегрированное состояние.

Представляло интерес определить, сопровождается ли этот процесс какими-либо изменениями в содержании устойчивой к центрифугированию части цитоплазмы апикального участка стебля. На рис. 2 показано содержание белка в апикальных половинах контрольных (рис. 2, 1) и центрифугированных в базальном направлении фрагментов (рис. 2, 2). Видно, что после освещения и в том, и в другом случае наблюдается линейный прирост содержания белка, хотя относительное количество устойчивой к центрифугированию части белка растет много быстрее. Можно предположить, что практически весь реальный синтез белка происходит именно в этой функционально важной фракции цитоплазмы.

Полученные результаты, на наш взгляд, описывают важную особенность реализации генетической информации в *Acetabularia*. На основании многочисленных доказательств химическим эквивалентом «морфогенетических веществ» считают информационные РНК ядерного происхождения (<sup>6</sup>). В темноте синтез белка практически отсутствует и полисомы плохо обнаруживаются цитологическими и биохимическими методами. На свету наблюдается образование полисом и резко усиливается синтез белка (<sup>5</sup>, <sup>7</sup>). Если сопоставить наши результаты с этими фактами, то можно предположить, что функционально важные для морфогенеза мРНК в темноте транспортируются и накапливаются по концентрированному апико-базальному градиенту, который относительно лабилен и не стабилизирован цитоплазматическими структурами. На свету происходит формирование связанных с мембранами полисом и, вероятно, именно этот процесс обеспечивает структурную интеграцию «морфогенетических веществ» в апикальном участке стебля.

Таким образом, точная пространственная локализация морфогенетических процессов в клетке обеспечивается не только направленным транспортом ядерной информации в соответствующие участки клетки, но и ее закреплением в местах формирования будущих структур. Мы склонны считать, что это явление имеет общий характер и отражает обязательную стадию при реализации генетической информации в процессах развития.

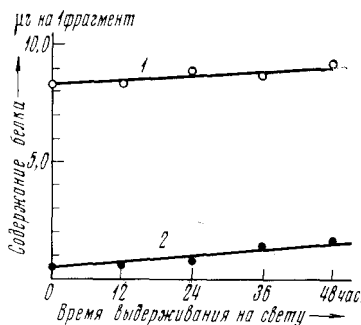


Рис. 2. Зависимость содержания общего и устойчивого в условиях центрифугирования белка в апикальных участках от времени освещения. 1 — в каждой точке безъядерные фрагменты разрезали пополам и определяли белок в апикальной половине микрометодом Лоури (<sup>5</sup>); 2 — то же, но перед разрезанием часть цитоплазмы удаляли из апикальной половины центрифугированием

Институт органической химии  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Новосибирск

Поступило  
1 VI 1971.

Новосибирский государственный университет

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> J. Hammerling, Ch. Hammerling, *Planta*, **52**, 516 (1959). <sup>2</sup> G. Werz, *Planta*, **52**, 528 (1959). <sup>3</sup> J. Hammerling, *Biol. Zbl.*, **74**, 545 (1955). <sup>4</sup> J. Hammerling, Ch. Hammerling, *Planta*, **53**, 522 (1959). <sup>5</sup> Л. И. Чиркова, А. В. Пикалов и др., *Онтогенез*, **1**, 42 (1970). <sup>6</sup> J. Brachet, *Nature*, **213**, 650 (1967). <sup>7</sup> M. Janowski, *Life Sci.*, **5**, 2113 (1966).