

УДК 576.851.12:576.8.095.14

БИОФИЗИКА

Л. Б. РУБИН, Ю. Э. ШВИНКА, Н. П. АДАМОВА

**ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА РАЗМНОЖЕНИЕ,
БИОСИНТЕЗ БЕЛКА И НЕКОТОРЫЕ ПЕРВИЧНЫЕ РЕАКЦИИ
ФОТОСИНТЕЗА ECTOTHIORHODOSPIRA SHAPOSHNIKOVII**

(Представлено академиком А. Н. Белозерским 19 IV 1971)

К настоящему времени в литературе известно немного работ о влиянии спектрального состава света на общее развитие фотосинтезирующих бактерий (¹⁻³) и на реакции фотосинтеза этих организмов (⁴⁻⁷). Дальнейшие исследования в этом направлении представляют значительный интерес в связи с изучением общей проблемы механизма, эволюции и функционирования фоторегуляторных систем у автотрофных организмов.

Опыты проводили с пурпурными серобактериями *Ect. shaposhnikovii* (⁸), которые выращивали на видоизмененной среде Ларсена при 30° в анаэробных условиях. Бактерии росли при разных световых режимах. Контрольные образцы росли на белом «фоновом» свете от лампы накаливания интенсивностью $I_{\text{ф}}^{\text{к}} = 1-2 \times 10^4$ эрг/см²·сек. Опытные образцы росли при комбинированном освещении «фоновым» ($I_{\text{ф}}^{\text{оп}}$) и дополнительным светом ($I_{\text{д}}$) от лампы БУВ-30, спектр испускания которой содержит дискретные линии ртути в диапазоне 220—690 мμ (⁹). Спектральный состав дополнительного света ($\lambda_{\text{д}}$) варьировался граничными светофильтрами: $\lambda_{\text{д}} > 220$ мμ (кварц); $\lambda_{\text{д}} > 330$ мμ (БС-7); $\lambda_{\text{д}} > 360$ мμ (стекло); $\lambda_{\text{д}} > 440$ мμ (ЖС-12). В каждом варианте опыта суммарная интенсивность света, падающего на культуру бактерий, выравнивались таким образом, чтобы $I_{\text{ф}}^{\text{к}} = I_{\text{ф}}^{\text{оп}} + I_{\text{д}}$.

Абсолютная ошибка в измерениях I света не превышает 0,3 эрг/см²·сек. Кривые роста снимали на ФЭК по светорассеиванию. Количество общего белка определяли по методу Лоури (¹⁰). Характер первичных реакций фотосинтеза исследовали методом импульсной и дифференциальной спектроскопии (¹¹). Все показатели снимали в динамике развития культуры. В дальнейшем мы будем употреблять термин освещение дополнительным светом, подразумевая, что фоновый свет от лампы накаливания действует во всех вариантах опытов.

На рис. 1 представлены данные о влиянии света $\lambda_{\text{д}}$ на рост бактерий. Освещение бактерий светом $\lambda_{\text{д}} > 220$ мμ $I_{\text{д}} \geq 20$ эрг/см²·сек приводило к полному и необратимому подавлению их роста, что связано, очевидно, с летальным действием короткого ультрафиолета. Свет $\lambda_{\text{д}} > 330$ мμ при $I_{\text{д}} \geq 20$ эрг/см²·сек также вызывал значительное замедление роста, однако этот эффект носил обратимый характер. Свет $\lambda_{\text{д}} > 360$ и $\lambda_{\text{д}} > 440$ мμ практически не влиял на рост бактерий при $I_{\text{д}} = 20-1200$ эрг/см²·сек. На основании этого можно выдвинуть предположение, что свет $\lambda_{\text{д}} \approx 330-360$ мμ влияет на внутриклеточную светочувствительную систему, весьма эффективно регулирующую метаболизм бактерий.

В пользу такого предположения свидетельствуют также и наши данные о влиянии света $\lambda_{\text{д}}$ на биосинтез белка (рис. 2). Свет $\lambda_{\text{д}} > 220$ и $\lambda_{\text{д}} > 330$ мμ приводил к эффекту снижения количества белка, пропорцио-

нальному степени подавления размножения клеток. Свет $\lambda_d > 360$ мμ также вызывал резкие изменения в процессе биосинтеза белка, что находило свое отражение как в увеличении его количества, так и в появлении заметных колебаний в процессе развития культуры (рис. 3). Характерно, что свет $\lambda_d 360$ мμ при $I_d = 80$ эрг/см²·сек вызывал резкое ускорение биосинтеза белка на первых стадиях роста, в то время как свет того же спектрального состава $\lambda_d > 360$ мμ, но при $I_d = 20$ эрг/см²·сек приводил к значительно более медленному развитию эффекта стимуляции биосинтеза белка, проявляющемуся только на стационарной фазе роста. Свет $\lambda_d > 440$ мμ оказывал менее заметное влияние на биосинтез белка, чем свет $\lambda_d > 360$ мμ. Очевидно, наибольшее влияние оказывал свет 360—440 мμ.

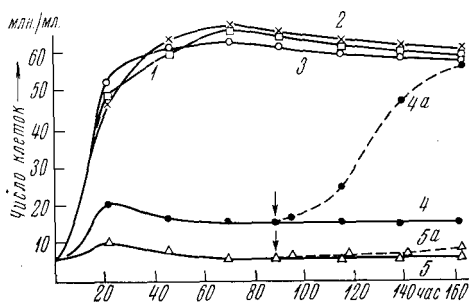


Рис. 1. Влияние света λ_d на рост бактерий. 1 — белый свет, $I_d^k = 1,05 \cdot 10^4$ эрг/см²·сек; 2 — $\lambda_d > 440$ мμ, $I_d = 70$; 3 — $\lambda_d > 360$, $I_d = 80$; 4 — $\lambda_d > 330$, $I_d = 82$; 5 — $\lambda_d > 220$ мμ; $I_d = 430$ эрг/см²·сек. 4a, 5a — рост бактерий после выключения света $\lambda_d > 330$ и $\lambda_d > 220$ мμ

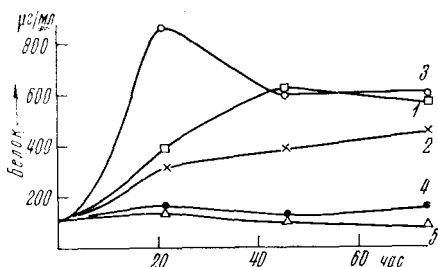


Рис. 2. Содержание общего белка в клетках бактерий в динамике развития культуры. 1 — белый свет, $I_d^k = 1,05 \cdot 10^4$ эрг/см²·сек; 2 — $\lambda_d > 440$ мμ; 3 — $\lambda_d > 360$; 4 — $\lambda_d > 330$; 5 — $\lambda_d > 220$ мμ. Значения I_d такие же, как на рис. 1

Сопоставляя два эффекта торможения роста и стимуляции синтеза белка, можно заметить, что они характеризуются высокой чувствительностью и эффективностью. Наряду с этим, данные эффекты глубоко различаются. В первую очередь это относится к спектральному составу действующего света. Кроме того, действие света $\lambda_d > 330$ мμ носит обратимый характер, тогда как свет $\lambda_d > 360$ мμ сохраняет свое действие после выключения света до последних стадий развития культуры. Отметим также колебательный характер эффекта изменения содержания белка, что указывает, очевидно, на протекание сложных метаболических перестроек.

Из литературы известно (¹²), что величина сигнала изменения поглощения бактерий при 420 мμ, индуцированного постоянным светом насыщающей интенсивности, пропорциональна концентрации внутриклеточных цитохромов, принимающих участие в фотосинтезе. В то же время, величина сигнала изменения поглощения бактерий при 420 мμ под действием вспышки света пропорциональна той части цитохромов, которая находится в непосредственном контакте с б.хл. (¹³). В работе установлено (рис. 4), что свет $\lambda_d > 220$ и $\lambda_d > 330$ мμ сильно подавляли реакции цитохромов.

В процессе роста на свету $\lambda_d > 360$ и $\lambda_d > 440$ мμ (влияние значительно более сильное) было обнаружено закономерное увеличение, по сравнению с контролем, сигнала, соответствующего превращению цитохромов под действием вспышки света. Одновременно наблюдалось некоторое уменьшение сигнала превращения цитохромов, индуцированного постоянным светом. Эти данные указывают на глубокие изменения в структуре фотосинтетического аппарата, связанные с увеличением доли цитохромов, находящихся в непосредственном контакте с б.хл., а возмож-

но, и с общим увеличением числа фоточувствительных центров в бактериальной клетке. С нашей точки зрения, изменения в первичных реакциях фотосинтеза носят, очевидно, вторичный характер и обусловлены спецификой формирования фотосинтетического аппарата в клетках с измененным процессом синтеза белка. В пользу такого вывода свидетельствуют наши данные о том, что максимальные отклонения в структуре фотосинтетического аппарата проявляются на стационарной фазе роста бактерий (рис. 4). Такого рода эффекты во многом напоминают фотоморфогенетические изменения, индуцированные фитохромом под действием красного и дальнего красного света (¹⁴).

Данные, представленные в настоящей работе, полученные при действии света другого спектрального состава 330—360 мμ; 360—440 мμ и $\lambda_d >$

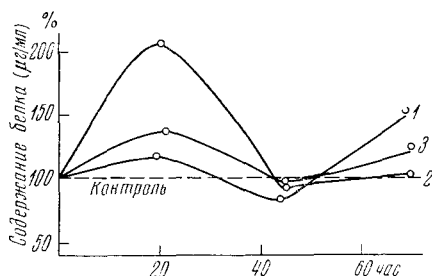


Рис. 3

Рис. 3. Относительное содержание белка опыт / контроль в динамике развития культуры при разных интенсивностях дополнительного света I_d . Контроль — белый свет, $I_{\Phi}^k = 1,05 \cdot 10^4$ эрг/см²·сек. Опыт — $\lambda_d > 360$ мμ. 1 — $I_d = 20$; 2 — $I_d = 80$; 3 — $I_d = 400$ эрг/см²·сек

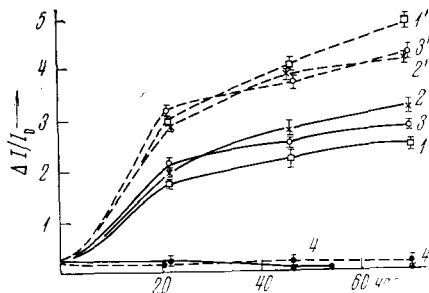


Рис. 4

Рис. 4. Влияние света λ_d на величину фотоиндуцированных изменений поглощения цитохромов 420 мμ при импульсном возбуждении (1—4) и при возбуждении постоянным светом (1'—4'). 1, 1' — контроль — белый свет, $I_{\Phi}^k = 1,1 \cdot 10^4$ эрг/см²·сек; 2, 2' — $\lambda_d > 440$ мμ, $I_d = 320$; 3, 3' — $\lambda_d > 360$, $I_d = 400$; 4, 4' — $\lambda_d > 330$ мμ, $I_d = 440$ эрг/см²·сек

> 440 мμ на эти эффекты, также носят морфогенетический характер. Вполне вероятно, что в клетках *Ect. shaposhnikovii* функционирует специализированная фотохромная система, способная глубоко влиять на направленность и эффективность метаболических процессов, включая и такие фундаментальные, как биосинтез белка и клеточное деление. Для обозначения данной системы мы предлагаем термин фотохромной. Нам представляется, что известная по литературе фотохромная система и ее пигмент-сенситизатор фитохром, представляет собой частное проявление более сложной и универсальной фотохромной системы, с пигментами-сенситизаторами фотохромами (¹⁵). Для подтверждения тезиса о фотохромной системе следует отметить, что в литературе появляется все больше данных о специфических эффектах действия света разного спектрального состава на метаболизм растений и водорослей, которые не укладываются в классические представления о фотохромной системе (^{4, 16-18}).

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
16 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. K. Clayton, Arch. Microbiol., 19, 107 (1953).
- ² И. В. Максимова, ДАН, 112, 766 (1957).
- ³ Л. К. Осницкая, В. И. Чудина, Микробиология, 34, 19 (1965).
- ⁴ A. H. W. Hauschild, C. D. Nelson, G. Krotkov, Canad. J. Bot., 40, 1619 (1962).
- ⁵ L. P. Blinks, C. B. Van Niel, In: Studies on Microalgae and Photosynthetic Ba-

cteria, Tokyo, 1963, p. 49, 297. ⁶ M. Nishimura, A. Takamiya, *Biochim. et biophys. acta*, **120**, 69 (1966). ⁷ Е. Н. Кондратьева, А. И. Нестеров, И. Н. Гоготов, *Биол. науки*, **12**, 69 (1970). ⁸ Е. Н. Кондратьева, Л. Б. Рубин, *Физиология и биохимия здорового и больного растения*, М., 1970, стр. 273. ⁹ В. П. Рвачев, *Введение в биофизическую фотометрию*, Львов, 1966. ¹⁰ О. Н. Lowry, N. I. Rosebrough et al., *J. Biol. Chem.*, **193**, 256 (1951). ¹¹ Л. Б. Рубин, В. Н. Дубровин, *Биол. науки*, **6**, 128 (1968). ¹² J. M. Olson, B. Chance, *Arch. Biochem. and Biophys.*, **88**, 26 (1960). ¹³ W. W. Parson, *Biochim. et biophys. acta*, **153**, 248 (1968). ¹⁴ R. Bergfeld, *Zs. Naturforsch.*, **19b**, 1076 (1964). ¹⁵ J. Bieth, N. Wassermann et al., *Proc. Nat. Sci. U. S. A.*, **66**, 850 (1970). ¹⁶ J. Terborgh, *Plant Physiol.*, **41**, 1401 (1966). ¹⁷ W. Kowallik, *Planta*, **58**, 337 (1962). ¹⁸ H. Mohr, *Biol. Rev. Cambridge Phil. Soc.*, **39**, 87 (1964).