

Т. Н. ГОДНЕВ и О. П. ОСИПОВА

О ПРИРОДЕ СВЯЗИ ХЛОРОФИЛЛА И БЕЛКА В ХЛОРОПЛАСТАХ

(Представлено академиком А. А. Рихтером 22 I 1947)

Еще в 80-х годах прошлого столетия Тимирязев (1) и Рейнке (2) выдвигали мысль об аналогии между строением хлорофилла в живой пластиде и строением гемоглобина. Позднее эта идея развита Цветом (3) и Любименко (4).

В настоящее время накапливается все больше данных в пользу существования хлорофилл-протеин-липоидного комплекса, в котором пигмент связан с белком при участии сил химического сродства. Нам думается, что едва ли существует полная аналогия между гемоглобином и хлорофиллом в том смысле, что хлорофилл, подобно гемину, образует настоящее стехиометрическое соединение с белками и липоидами, так как, по данным Hanson, Barrien и Wood (5), соотношение количества хлорофилла и белка заметно меняется в течение вегетационного периода. По опытам Годнева и Калишевича (6,7), также наблюдается значительное колебание в количестве хлорофилла и его отношении к массе хлоропласта в процессе роста пластид. Более вероятно, что связь эта носит более лабильный характер в сравнении с связью гемина с белком. Насколько нам известно, Smith (8) первый высказал предположение о том, что в связи этого рода может принимать участие альдегидная группа хлорофилла В, винильная группа или подвижный водород циклопентанонного кольца.

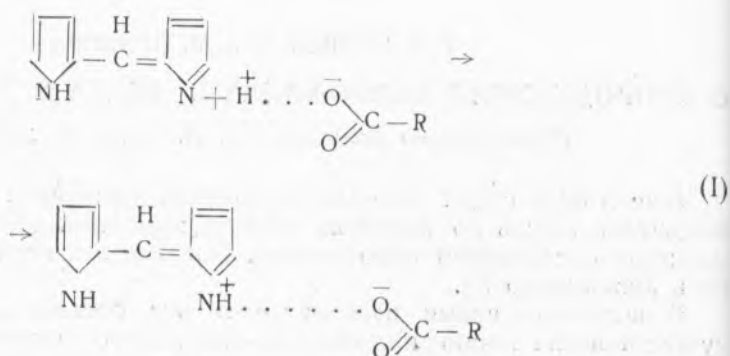
Inman и Crowell допускают участие магния в связи белка и пигмента. Однако действием додецилсульфата магний удаляется, а связь феофитина с белком остается.

Нам представляется вероятным, что такого рода связь может осуществляться при образовании очень нестойких аммониевых комплексов, получающихся при взаимодействии кислых групп белковых молекул и третичного азота пирроленинных колец хлорофилла. При этом представляется вероятным, что белковая цепь располагается перпендикулярно плоскости порфиринового кольца (см. схему I). Возможно, что некоторое взаимодействие существует также между магнием и карбонильной группой белковой молекулы, а в хлорофилле В возможно взаимодействие альдегидных групп с элементами белкового компонента. Наши опыты по изучению действия аминокислот на хлорофилл указывают на изменение интенсивности полос поглощения при слабом нагревании хлорофильных растворов в 70% спирте. Ясное смещение в красную часть главной полосы поглощения мы наблюдали при действии пальмитиновой кислоты в растворах абсолютного эфира на хлорофилл, и еще более при действии этой кислоты на хлорофилл в петролейном эфире. Аналогичные изменения наблюдались также при действии бромистого этила на раствор хлорофилла в абсолютном эфире.

Я. К. Сыркин и М. В. Волькенштейн (10) наблюдали значительное изменение рамановских спектров при переходе от третичных аминов

к аммонийным комплексам, что указывает на изменение в характере связи: исчезновение одних и появление других связей. Для видимых спектров аналогичное явление наблюдал Csocan (11), причем переход третичного амина в аммониевое основание сопровождался значительным изменением абсорбционных полос.

Мы наблюдали при действии кислотных аминокислот, пальмитиновой кислоты и других высокомолекулярных кислот образование ярко окрашенных аммонийных солей при действии на простейший незамещенный дипиррил метэн



Действие аминокислот, пальмитиновой кислоты и бромистого этила на хлорофилл. Раствор хлорофилла, содержащий 10^{-5} моля нагревался в 70% спирте в течение 3 час. с об-

Таблица 1

Изменения коэффициента погашения при нагревании хлорофилла А+В с некоторыми аминокислотами

Аминокислота	Коэффициент погашения				
	Длина волны в Å				
	6700	6600	6500	6400	6300
Контроль	6540	5524	3507	2532	2532
Тирозин	6685	5567	3570	2551	2353
Аспарагин	6264	5390	3400	2512	2340
Триптофан	6470	5492	3483	2465	2265
Гликоколь	6568	5390	3464	2566	2333

Таблица 2

Изменение коэффициента погашения при нагревании хлорофилла А+В с пальмитиновой кислотой бромистым этилом в безводном эфире

Добавляемый реагент	Длина волны в Å				
	6700	6600	6500	6400	6300
Контроль	4832	6567	4148	2668	—
Хлорофилл + пальмитиновая кислота	4954	7105	4209	2613	—
Хлорофилл + тирозин	8140	7445	4610	2870	—
Хлорофилл + бромистый этил	4940	7098	4318	2695	—

ратным холодильником при прибавлении 100 мг той или иной кислоты или другого реагента. Точно такой же раствор хлорофилла; но без прибавления аминокислот, одновременно нагревался в течение такого

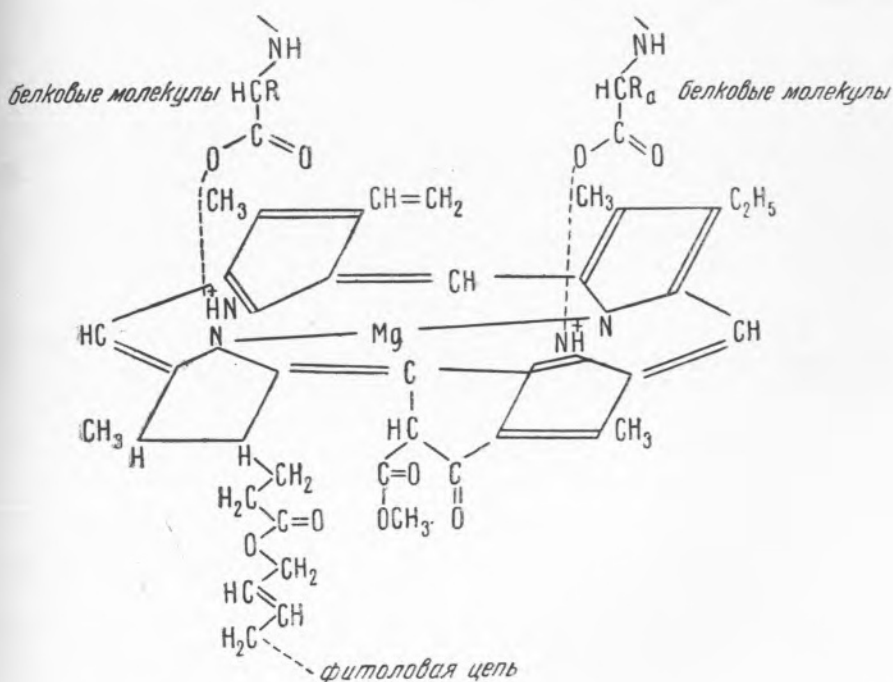
Таблица 3

Изменение положения максимума главной полосы поглощения при действии на раствор хлорофилла пальмитиновой кислоты и белка в петролейном эфире

	Полосы	Максимум
Чистый хлорофилл	6652—6480	6566
Чистый хлорофилл + пальмитиновая кислота	6734—6644	6689
Хлорофилл + белок (в слабой щелочи) . . .	6809—6611	6710

же времени, после чего определялся коэффициент погашения этих растворов спектрофотометром при указанных ниже длинах волн. Нагревание водных растворов хлорофилла, омыленного щелочью (хлорофиллина), с некоторыми аминокислотами привело к смещению главной полосы в красную часть спектра. Заметное смещение наблюдалось также при действии на безводный раствор хлорофилла в эфире пальмитиновой кислоты и бромистого этила; еще более заметно смещение при действии пальмитиновой кислоты в безводном петролейном эфире, что связано, может быть, с образованием аммонийного комплекса, аналогичного тому, который мы наблюдали при действии пальмитиновой кислоты на простейший пиррометэн с образованием комплекса, окрашенного в интенсивно желтый цвет.

В качестве рабочей гипотезы можно допустить следующий способ сочетания молекул хлорофилла и молекул белка:



Косвенным подтверждением этой схемы является тот факт, что белки с свободными группами—СООН более энергично удерживают хлорофилл, сравнительно с теми же белками с блокированными кислыми группами. Сообщение об этом будет сделано отдельно.

Лаборатория физиологии растений
Академии Наук СССР

Поступило
22 I 1947

и
Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева
Академии Наук СССР

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. А. Тимирязев, Собр. соч., 2, Сельхозгиз, 1937. ² I. Reinke, Bot. Ztg., 44, 241 (1886). ³ М. Цвет, Тр. О-ва естествоиспытат. при Казанск. Ун-те, 35, в. 3 (1901). ⁴ В. Н. Любименко, Изв. Росс. Акад. Наук, № 1—18, 129 (1923). ⁵ E. A. Hanson, B. S. Barrien and I. I. Wood, Australian J. Exp. Biol. and Med. Sci., 19 (3), 231 (1941). ⁶ Т. Н. Годнев и С. В. Калишевич, Сб. памяти В. Н. Любименко, 1938. ⁷ Они же, ДАН, 27, 832 (1940). ⁸ E. Smith, J. Gen. Physiol., 24, 565 (1941). ⁹ O. L. Inman and M. Crowell, Plant Physiol., 14, 388 (1939). ¹⁰ J. Syrkin и M. Wolkenshtein, Acta Physicochim. URSS II, 303 (1935). ¹¹ P. Csocan, Chem. Zblt., I, 825 (1943).