

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

О. П. ОСИПОВА и И. В. ТИМОФЕЕВА

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ И ОСВЕЩЕНИЯ
НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХЛОРОПЛАСТОВ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 19 VII 1951)

Известно, что для процесса фотосинтеза необходимо не только наличие хлорофилла, но и ряда других веществ, участвующих в осуществлении отдельных стадий этого процесса. Поэтому для понимания химизма фотосинтеза крайне необходимо изучение химического состава хлоропластов — органов зеленого листа, осуществляющих процесс фотосинтеза.

Наиболее изученными составными частями хлоропласта являются зеленые и желтые пигменты, составляющие от 5 до 10% от сухого веса хлоропласта. Изучение других компонентов хлоропластов, представляющих основную их массу, стало возможно с тех пор, как были разработаны методы отделения хлоропластов от других клеточных элементов и получения их в количествах, достаточных для химического анализа.

Первые работы в этом направлении принадлежат Менке (1, 2), который показал, что хлоропласты листьев шпината содержат 47,7% белка, 37,4% веществ, растворимых в спирте и эфире, 7,8% золы и 7,1% неидентифицированных веществ. Близкие данные были получены рядом исследователей (3-5) при изучении состава хлоропластов многих растений.

В составе хлоропластов найдены разнообразные окислительно-восстановительные и гидролитические ферменты: каталаза, карбоангидраза, гидрогеназа, пероксидаза, полифенолоксидаза, фосфорилаза, амилаза, инвертаза и хлорофиллаза.

Подробные работы в области изучения ферментативной активности изолированных хлоропластов принадлежат Н. М. Сисакяну с сотрудниками (6, 7), которые показали, что хлоропласты являются местом локализации различных ферментов растительной клетки, что дало право авторам назвать хлоропласты своеобразным «депо» ферментов.

Достаточно подробно исследован состав золы хлоропластов Нейшем (4). В золе найдены следующие элементы: Mg, Cu, Fe, Ca, P, K, Na, Mn, S, Cl. А. С. Вечер (8) нашел в составе золы хлоропластов, помимо ранее обнаруженных элементов, также Co и Mo.

Существующие данные говорят о большом разнообразии биологически активных веществ, входящих в состав хлоропластов. Однако роль этих веществ, за исключением хлорофилла, в осуществлении фотосинтеза пока еще неизвестна. В настоящее время мы еще не знаем, являются ли белки и вещества липоидного типа, составляющие 80% от веса хлоропласта, только субстратом, на котором протекают реакции фотосинтеза, или же они сами принимают активное участие в осуществлении отдельных этапов реакции. Кроме того, группа веществ белкового и ли-

пойдного характера требует детальной идентификации, так как очевидно, что в хлоропласте не весь белок и липоиды одинаковы по своим свойствам и функциям.

Существующие данные по химическому составу хлоропластов не дают возможности судить, каким образом он изменяется в зависимости от физиологического состояния растений и от условий внешней среды. Постановка таких исследований, нам кажется, поможет ближе подойти к установлению роли отдельных компонентов хлоропласта в осуществлении реакций фотосинтеза и познать отдельные детали этого сложного процесса.

Задачей настоящего исследования и явилось изучение химического состава хлоропластов растений, выросших при различных условиях азотного питания и освещения.

Известно, что азот и свет являются сильно действующими факторами, изменяющими как интенсивность процесса фотосинтеза, так и характер образующихся продуктов фотосинтеза.

Растения (фасоль сорт Триумф) выращивались в вегетационном домике в почвенной культуре. По степени обеспеченности азотом были взяты два варианта: $1/4$ и $2\frac{1}{2}$ нормы от питательной смеси Гельригеля. Все остальные элементы минерального питания были даны в одинаковом количестве. Снижение интенсивности освещения, в 3 раза по сравнению с обычным, достигалось затенением растений тремя слоями марли. Затенялась часть растений, росших при большой дозе азотного питания. Для выделения хлоропластов были взяты одновозрастные (34-дневные) растения. За 6 дней до снятия растений в анализ часть растений, испытывавших азотное голодание, получила азотную подкормку в количестве $2\frac{1}{4}$ нормы Гельригеля. При этом наблюдалось заметное улучшение внешнего вида растений: увеличивался размер листьев и интенсивность окраски.

Из одновременно снятых (утром) и тщательно промытых листьев извлекались хлоропласты по способу А. С. Вечер (9). Густая пастообразная масса хлоропластов, получающаяся в результате центрифугирования на суперцентрифуге, анализировалась на содержание хлорофилла, зола, белкового азота, углеводов и веществ, растворимых в спирте и эфире.

Результаты химических анализов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав хлоропластов (в % на сухой вес)

Условия выращивания	Зольность	Хлорофилл	Азот		Белок	Спирто-эфиро-раств. вещества	Крахмал	Неидентифицир. остаток
			общий	белковый				
$2\frac{1}{2}$ нормы N:								
Свет	3,46	4,11	—	11,3	70,62	15,1	2,60	4,11
Затенение	3,91	6,26	10,15	10,48	65,50	20,7	2,66	0,97
$1/4$ нормы N	3,36	2,17	8,25	4,19	26,2	24,2	29,6	14,47
После подкормки	4,52	3,83	—	10,44	65,25	20,7	5,92	0

Результаты проведенных анализов показывают, что химический состав хлоропластов растений, выросших при различных внешних условиях, неоднороден. Сравнивая хлоропласты растений, выросших в одинаковых условиях по обеспеченности азотом, но при различной интенсивности освещения, мы видим, что они сильно отличаются по содержанию хлорофилла, белка и спирто-эфиро-растворимых веществ. Содержание крахмала в этих хлоропластах одинаковое. Условия затенения спо-

соствуют наибольшему накоплению в хлоропластах хлорофилла и веществ липоидного характера; количество же белка в этом случае несколько снижено по сравнению с растениями, росшими при большей интенсивности света.

Хлоропласты растений, выросших при одинаковых условиях освещения, но при различной обеспеченности азотом, значительно отличаются по химическому составу. Хлоропласты растений, испытывающих азотное голодание, содержат меньше хлорофилла и белка, но чрезвычайно богаты крахмалом. Содержание веществ липоидного характера в этом случае было значительно выше. Высокий процент неидентифицированного остатка в этом случае объясняется, повидимому, наличием какой-то формы азотистых соединений, не осаждаемых реактивами Бернштейна, так как только в этом случае мы наблюдаем большую разницу между общим и белковым азотом. Обычно же эти показатели очень близки. Недостаток азота в почве приводил к синтезу и накоплению в хлоропластах безазотистых соединений (крахмал и липоиды).

Азотная подкормка растений, испытывающих голодание, приводит к резкому изменению в химическом составе хлоропластов. Количество хлорофилла в этом случае возросло от 2,17 до 3,38%. Количество белка с 26,2% увеличилось до 65,25%. Содержание крахмала снизилось от 29,6 до 5,92%. Спирто-эфиро-растворимые вещества претерпели также заметные количественные изменения.

Хлоропласты растений, получивших азотную подкормку, по своему химическому составу стали почти идентичны хлоропластам растений, выросших на высокой норме азота.

Наблюдавшийся нами факт резкого увеличения белка в хлоропластах, вызванного азотной подкормкой, свидетельствует о том, что хлоропласты являются местом синтеза белка зеленого растения.

На основании полученных результатов можно сделать заключение, что химический состав хлоропластов не есть что-то постоянное, а изменяется в зависимости от условий выращивания растений.

Данный факт подтверждает основы мичуринской биологии, доказывающей, что внешняя среда является мощным фактором, способным изменять как рост и развитие растений, так и их обмен веществ. Это также опровергает менделистско-морганистское представление Граника⁽¹⁰⁾, доказывающего значение генов в регулировании химического состава пластид.

Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева
Академии наук СССР

Поступило
16 VII 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Menke, Zs. f. Bot., 38, 273 (1938). ² W. Menke, Zs. f. physiol. Chem., 277, 43 (1938). ³ S. Granick, Am. Journ. Botany, 25, 561 (1938). ⁴ A. Neish, Biochem. Journ., 33, 293 (1939). ⁵ С. Сомаг, Bot. Gaz., 104, 122 (1942). ⁶ Н. М. Сисакян и А. М. Кобякова, Биохимия, 13, 88 (1948). ⁷ Н. М. Сисакян и А. М. Кобякова, Биохимия, 14, 86 (1949). ⁸ А. С. Вечер, Автореферат диссертации 1950. ⁹ А. С. Вечер, Изв. АН СССР, сер. биол. и мед. науки, 3, 270 (1949). ¹⁰ S. Granick, Photosynthesis in Plants, 1949.