

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. М. ПЕЧЕНИЦИНА

**К ВОПРОСУ О РОЛИ УГЛЕВОДОВ В ПРЕВРАЩЕНИЯХ
АЗОТИСТЫХ ВЕЩЕСТВ У ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 27 V 1950)

Еще в конце прошлого столетия многие исследователи придавали углеводам решающее значение в процессе регенерации белка при прорастании семян и вегетативных органов зеленых растений в темноте. В дальнейшем в ряде работ Д. Н. Прянишникова и его учеников и сотрудников была установлена с очевидностью взаимосвязь углеводного обмена с азотистым. Многочисленные опыты с проростками разных растений, различающихся по величине углеводных запасов семян, показали, что образование аспарагина происходит и в отсутствие света, но при наличии углеводов. Несколько позднее в работах других исследователей отмечается и образование аминокислот, сопровождаемое одновременным уменьшением запасов углеводов в опытных растениях (¹). Однако широко распространенное представление об использовании углеводов в синтезе белка еще не подкреплено до настоящего времени достаточно полными и надежными данными (²⁻⁴).

Настоящая работа являлась попыткой выяснить, в какой мере могут быть использованы углеводы в синтезе белков у высших растений в условиях гетеротрофного питания.

С этой целью в 1948 г. нами были поставлены специальные опыты по культуре в темноте некоторых растений, обладающих большими запасами углеводов в клубнях и луковицах. В качестве подобных объектов были выбраны луковицы репчатого лука и клубни картофеля (сорта Лорх).

Опыт с луком (севком) проводился в течение 24 дней. Для опыта отбирались здоровые, неповрежденные луковицы, по возможности одинакового веса. Луковицы очищались от всех отмерших чешуй, кроме одной самой внутренней. Отобранные луковицы разделялись на 12 партий по 20 луковиц каждая. Различие между партиями по весу не превышало 0,1 г. 9 таких партий высаживалось в стеклянные 3-литровые сосуды (по 20 луковиц на сосуд) на марлевые парафинированные сетки. Сосуды помещались в темную комнату.

Культура луковиц проводилась: 1) на минеральном растворе, включающем в качестве источника азота нитраты; 2) на минеральном растворе, включающем сернокислый аммоний; 3) на воде. Повторность 3-кратная (всего в каждом варианте было 60 луковиц). Остальные 3 партии поступали для анализа в момент постановки опыта.

Опытный материал анализировался на содержание сахаров и различных фракций азота (общего, белкового, амидного и аммиачного). Общая сумма сахаров определялась в водной вытяжке после гидролиза 1% соляной кислотой в течение 3 часов на кипящей водяной бане. Определение сахаров производилось по методу Бертрана. Общий азот определялся микрометодом Кьельдаля. Определение белкового азота производилось по Барнштейну-Штутцеру. Осадок сжигался с концентри-

рованной серной кислотой. Амидный азот определялся по Саксе — Викери в фильтрате после осаждения белков.

Наблюдение за состоянием луковиц показало, что последние хорошо проросли во всех сосудах. Ко времени снятия опыта растения прекратили рост. Листья их начали подвядать. Можно отметить более тургесцентный и здоровый вид растений на нитратах и даже на воде, чем на растворе с сернокислым аммонием. Но, как видно из табл. 1, общий вес (абс. сухой) 100 растений был почти одинаков во всех вариантах.

Условия минерального питания сказались в основном на темпе роста корневой системы растений. Растения на воде имели значительно менее развитую корневую систему по сравнению с другими вариантами и, кроме того, тратя запасных питательных веществ (находившихся в луковицах) меньше у этой группы растений, чем у других.

Результаты определения содержания азо-

Таблица 1

Изменения количества сухого вещества луковиц при прорастании в темноте на различных средах (в г на 100 растений)

	На нитратах	На сернокислом аммонии	На воде
Материнские луковицы	6,01	5,64	7,44
Надземная часть	7,32	7,51	6,82
Корни	3,64	2,94	2,14
Итого	16,97	16,09	16,40
Исходные луковицы	24,37	24,37	24,37
Изменение содерж. сух. в-ва за время опыта	-7,40	-8,28	-7,97

та сведены в табл. 2. Наблюдаемое в опыте увеличение общего азота у растений, находившихся на минеральном растворе, указывает на интенсивное поглощение азота, особенно на среде с сернокислым аммонием. При этом происходило увеличение как небелковых форм азота, так и белкового азота. Как показал анализ фракции растворимых азотистых соединений поглощение азота было связано с переработкой его в органические формы, в частности в амиды. Особенно интенсивное образование амидов наблюдается у растений аммиачной группы.

В процентах к общему количеству амидного азота в исходном материале прирост его составлял: на NO_3 72,5, на NH_4 258,3, в воде 62,8%.

Из анализа цифровых данных табл. 2 вытекает, в соответствии с результатами работ других исследователей, что органические азотистые соединения образовались за счет поступающего из питательной среды минерального азота и находившихся в луковицах углеводов *. Это подтверждается и результатами определения сахаров (см. табл. 3).

Из данных табл. 3 видно, что растения на минеральной среде израсходовали сахаров значительно больше, чем растения на воде.

За время опыта сильно возросло общее количество белкового азота у растений всех вариантов (см. табл. 2). При прорастании на воде содержание белкового азота увеличилось на 23,2% сравнительно с исходным. У растений, находившихся на минеральной среде с нитратами, прирост белкового азота составлял 68,8% по сравнению с исходным его количеством. Несколько ниже была величина прироста белкового азота для аммиачной группы растений. Из табл. 2 видно, что в исходных луковицах содержалось общего азота 481,9 мг, причем азот амидов и аммиака составлял 68,1 мг и белковый азот 221,5 мг, а остальные 192,3 мг падали на азот других соединений (аминокислот).

Из вышеуказанного следует, что увеличение белкового азота (обра-

* Прибавка амидного азота луковиц, прораставших на воде, произошла, повидимому, за счет азота неучитываемых групп азотистых соединений, накопленных в луковицах наряду с другими продуктами.

зование белков) произошло в основном, повидимому, за счет азотистых органических соединений и, очевидно, не амидного характера, бывших в исходных луковицах.

Полученные данные не исключают, однако, предположения о возможности некоторого новообразования белков за счет каких-то углеродных безазотистых веществ, вполне возможно, за счет углеводов. Бесспорна лишь малая скорость этого процесса. Значительно более определенные данные были получены в опытах с картофелем.

Проращивание клубней картофеля производилось также в темноте на воде и на полном минеральном растворе, включавшем нитраты и сернокислый аммоний в качестве источника азота. Для опыта отбирались здоровые, неповрежденные (некрупные) клубни. Отобранные клубни разделялись на партии, равные по весу и количеству. Каждый вариант ставился в двух повторностях (по 25 клубней каждая). Исследовалось содержание общего и белкового азота и разных групп углеводов. Опыт длился 52 дня.

Прорастание клубней на питательном растворе протекало весьма энергично. К концу опыта высота надземных органов достигала 30—63 см, длина корней 10—15 см. Вес 25 растений (надземные органы + корни) составлял 55,18 г. Абс. сухой вес растений уменьшился по сравнению с весом исходных клубней примерно на 25%.

Клубни на воде прорастали медленно. Корней образовалось очень мало (редкая корневая система). Высота надземных органов достигла всего 4—10 см. Вес растений (без клубней) составлял 14,76 г. Трата сухого вещества была значительно меньше, чем при прорастании на минеральном растворе. Растения как на воде, так и на минеральном растворе были типично этиолированные. К моменту окончания опыта рост надземных органов растений прекратился. У растений первого варианта (на воде) образовалось несколько маленьких клубней. У растений на минеральном растворе образования клубней не наблюдалось.

Изменения азотистых веществ представлены в табл. 4.

При прорастании клубней на минеральном растворе наблюдалась энергичная мобилизация и передвижение углеводов и азотистых веществ из клубней во вновь образуемые органы растений. Больше по-

Таблица 2

Изменения содержания азотистых веществ при прорастании луковиц в темноте (в мг на 100 растений)

	На нитратах				На сернокислом аммонии				На воде			
	общий азот	белковый	амидный	аммиачный	общий азот	белковый	амидный	аммиачный	общий азот	белковый	амидный	аммиачный
Исходные луковицы	481,9	221,5	52,1	16,0	481,9	221,5	52,1	16,0	481,9	221,5	52,1	16,0
Проросшие	646,2	373,8	89,9	17,4	—	370,1	186,7	48,5	473,0	273,0	84,8	24,0
Изменения содерж. азотист. веществ за время опыта .	+164,3	+152,3	+37,8	+1,4	—	+148,6	+134,6	+32,5	—8,9	+51,5	+32,7	+8,0

ловины белкового азота исходного материала (клубней) переместилось в растущие органы растений. Однако абсолютное количество белкового азота у растений этого варианта почти не изменилось (увеличение за время прорастания составляет всего лишь 1%).

На основании изложенных данных мы приходим к заключению, что при прорастании в темноте луковиц лука и клубней картофеля на минеральном растворе происходит образование органических азотистых соединений небелкового характера, в частности амидов. Из результатов

определений углеводов и азотистых соединений вытекает, что углеводистый костяк этих веществ образуется за счет углеводов или продуктов их распада.

Увеличение белковых веществ, наблюдаемое в опытах, очевидно, следует отнести в значительной мере за счет образования их из органических соединений азота (аминокислот), находившихся в органах до прорастания. Не исключая возможности новообразо-

вания белка (из углеводов и неорганических соединений азота), мы отмечаем лишь незначительную скорость этого процесса, о чем свидетельствует быстрое прекращение роста опытных растений.

Из этого следует, что углеводы с большим трудом используются высшими растениями для синтеза белковых веществ в условиях гетеротрофного питания.

Таблица 3

Изменения содержания сахаров при прорастании луковиц в темноте на различных средах (в г на 100 растений)

	На нитратах	На серно-кислом аммонии	На воде
Материнские луковицы	0,236	0,229	0,827
Надземные органы . . .	0,150	0,089	0,706
Корни	0,025	0,009	0,044
Итого . . .	0,411	0,327	1,577
Исходные луковицы . .	6,651	6,651	6,651
Уменьшение содерж. сахаров за время опыта	-6,240	-6,324	-5,074

Таблица 4

Изменения количества общего и белкового азота при прорастании клубней картофеля в темноте (в мг на 25 растений)

	На минеральном растворе		На воде	
	общий азот	белковый азот	общий азот	белковый азот
Материнские клубни	1159,8	992,7	2405,8	1637,3
Надземные органы	1597,1	1038,6	389,0	315,1
Корни	214,8	172,1	46,5	35,3
Клубни молодые	—	—	32,0	25,5
Итого	2971,7	2203,4	2873,3	2013,2
Исходные клубни	2893,9	2181,0	2893,9	2181,0
Изменения за время опыта . . .	+77,8	+22,4	-20,6	-167,8

Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева

Поступило
27 V 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Д. Н. Прянишников, Азот в жизни растений и земледелии СССР, 1945.
² Г. Г. Петров, Усвоение азота высшим растением на свету и в темноте, 1917.
³ W. J. Kabos, Beitrag zur Kenntnis des N-Stoffwechsels von Sinapis alba, besonders in Bezug auf das Licht, 1936. ⁴ В. О. Таусон, Изв. АН СССР, сер. биол., № 3, 423 (1947).