

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. С. ЛЮБАРСКАЯ и Б. Н. МАКАРОВ

**К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОТОСИНТЕЗА И ДЫХАНИЯ
У ЦЕЛЫХ РАСТЕНИЙ***(Представлено академиком Н. А. Максимовым 31 XII 1949)*

Интенсивность фотосинтеза и интенсивность дыхания являются существенными показателями, определяющими общую продуктивность растения (^{1, 2, 4, 5, 8}). Поэтому определение интенсивности фотосинтеза и дыхания часто необходимо для понимания процесса формирования урожая, что, в свою очередь, очень важно для правильного подбора приемов воздействия на рост и развитие растений.

Описанные в литературе классические методы для этих исследований в большинстве своем громоздки, требуют специального оборудования и поэтому мало доступны. Кроме того, что самое главное, большинство из них позволяет учитывать интенсивность фотосинтеза и дыхания только отдельных листьев, а так как эти показатели сильно меняются в зависимости от яруса листа и его возраста, то такие определения не могут дать правильной характеристики интенсивности этих процессов для целого растения.

Указания на методы определения фотосинтеза и дыхания целых растений имеются в литературе (^{8, 9}), но широкого применения эти методы не получили.

Примененная нами методика дает возможность определять фотосинтез и дыхание целых растений, растущих в вегетационном сосуде и в естественной обстановке в поле. Сущность ее сводится к тому, что испытуемое растение помещается в стеклянный домик, изолируется от внешнего воздуха, и фотосинтез и дыхание определяются по изменению концентрации CO_2 в домике за определенное время.

Для этой цели при определении фотосинтеза и дыхания сахарной свеклы, растущей в сосуде, были использованы стеклянные домики объемом 180—200 дсм³. Для устранения газообмена с наружным воздухом стекла домика были тщательно промазаны замазкой, а передняя стенка его была заменена выдвижным стеклом, которое вставлялось в пазы, обитые резиной. Для взятия газовых проб в домик вставлялась на пробке трубка с разветвлениями. Наружный конец трубки закрывался резиновым наконечником, а при взятии газовых проб соединялся при помощи каучуковой трубки с поглотителем Рихтера (¹⁰).

Определение фотосинтеза и дыхания производилось следующим образом: вначале, для выравнивания концентрации CO_2 с наружным воздухом, домик тщательно проветривался, для чего удобно пользоваться ручным опылителем. Затем в домик вставлялся сосуд с исследуемым растением и домик закрывался. При определении фотосинтеза домик с растением оставлялся на свету (под сеткой вегетационного домика), а при определении дыхания домик накрывался двойным чехлом (вну-

тренний из черной материи, а наружный из белой). Для поглощения водяных паров в домик ставился стаканчик с крепкой серной кислотой. Перемешивание воздуха внутри домика достигалось при помощи двух груш-спринцовок, плотно вставленных в специальные отверстия. Через 10—15 мин. в случае определения фотосинтеза и через 20—30 мин. при определении дыхания отбиралась газовая проба. Проба воздуха (2 л) оттягивалась аспиратором через поглотитель Рихтера со скоростью 0,5 л/мин. В поглотитель наливалось по 40 мл 0,01 *N* раствора барита и по 2—3 капли изоамилового спирта для понижения поверхностного натяжения жидкости. Титрование производилось в той же колбочке 0,01 *N* раствором соляной кислоты по фенол-фталейну. Перед титрованием поглотитель промывался дистиллированной водой, лишенной угольной кислоты. Периодически поглотители промывались 10% соляной кислотой, так как поры пластинок забивались углекислым барием. После взятия пробы переднее стекло домика выдвигалось, сосуд с растением вынимался, домик проветривался и опять можно было приступать к новым определениям. Небольшое разрежение воздуха внутри домика и связанное с ним возможное поступление наружного воздуха в момент взятия газовой пробы не могли существенно повлиять на концентрацию CO_2 в домике, так как проба составляла всего $\frac{1}{90}$ — $\frac{1}{100}$ часть количества воздуха в домике. При исследовании фотосинтеза и дыхания измерялась температура воздуха в домике, при определении фотосинтеза фиксировалась также и освещенность с учетом высоты солнцестояния и облачности по таблицам (¹¹).

Удобно одновременно работать с тремя домиками — в двух помещаются исследуемые растения из сравниваемых вариантов опыта, а в третьем — сосуд с почвой без растения для учета дыхания почвы. Показания концентрации CO_2 в третьем домике служат контролем при расчете результата определения.

Для определения фотосинтеза и дыхания целых растений в полевой обстановке были использованы стеклянные домики без дна объемом 200 дм³, которые одевались как колпак на изучаемое растение. На нижнюю раму домика набивались стальные пластинки, которыми домик врезался в почву, что предохраняло от поступления наружного воздуха в домик. Для контроля второй домик ставился рядом на площадку без растений. Взятие газовых проб и определение концентрации CO_2 производилось так же, как и при работе в вегетационном домике.

Результаты определений фотосинтеза и дыхания выражались в миллиграммах CO_2 , поглощенного (при фотосинтезе) или выделенного (при дыхании) в час на растение.

Для характеристики истинного фотосинтеза суммировалось количество поглощенной и выделенной угольной кислоты.

Интенсивность фотосинтеза выражалась на единицу листовой поверхности, которая определялась одновременно по шаблонам.

Описанный метод был использован нами для изучения фотосинтеза и дыхания сахарной свеклы в зависимости от условий питания, влажности почвы и других факторов роста. Результаты этих исследований будут сообщены в других статьях. В настоящем кратком сообщении ограничимся иллюстрацией метода данными по дневному ходу фотосинтеза и дыхания сахарной свеклы, растущей в поле (табл. 1) и в вегетационном сосуде (табл. 2). Исследованные растения и в полевом и в вегетационном опыте выращивались на среднеподзолистой тяжело-суглинистой почве на полном минеральном удобрении, в поле на фоне 40 т навоза, а в сосудах — на фоне известкования.

Приведенные данные показывают, что в условиях Московской обл. (Бутово) в августе кривая фотосинтеза сахарной свеклы и в поле и в вегетационном домике имеет одновершинный характер. Повторные определения фотосинтеза и дыхания одних и тех же растений в разные дни

дают в общем близкие результаты, что видно из данных табл. 2. Некоторые отклонения связаны, очевидно, с условиями погоды.

Таблица 1

Дневной ход фотосинтеза и дыхания у сахарной свеклы в полевых условиях

Часы наблюдений	Т-ра в домике в °С	Освещенность в тыс. люк-сов	Истинный фотосинтез в мг СО ₂ в час		Продуктивный фотосинтез в мг СО ₂ в час		Дыхание в мг СО ₂ в час на растение
			на растение	на 100 см ² листов. поверхн.	на растение	на 100 см ² листов. поверхн.	
6	16	6	88,8	2,5	17,4	0,5	71,4
9	18	21	252,4	7,2	128,4	3,6	124,0
12	19	32	300,2	8,4	160,0	4,6	140,2
15*	16	14	46,8	1,3	0,0	0,0	46,8
18	13	3	44,8	1,2	-2,0	-0,06	46,8

Примечание. Исследуемое растение имело ассимиляционную поверхность 3500 см².

* С 14 час. 30 мин. пошел дождь.

Таблица 2

Дневной ход фотосинтеза и дыхания у сахарной свеклы. Вегетационный опыт (среднее из определений для двух растений)

Часы наблюдений	Дата	Т-ра в домике в °С	Освещенность в тыс. люк-сов	Истинный фотосинтез в мг СО ₂ в час		Продуктивный фотосинтез в мг СО ₂ в час		Дыхание в мг СО ₂ в час на растение
				на растение	на 100 см ² листов. поверхн.	на растение	на 100 см ² листов. поверхн.	
6	15 VIII	15	13	105,7	2,8	67,2	1,8	38,5
6	17 VIII	16	9	144,0	3,8	—	—	—
9	15 VIII	19	22	170,0	4,5	114,5	3,0	55,5
9	17 VIII	25	58	211,5	5,3	121,5	3,2	80,0
12	15 VIII	30	83	293,0	7,7	149,0	3,9	144,0
12	17 VIII	33	71	296,0	7,8	190,0	5,0	106,0
15	15 VIII	28	63	245,0	6,4	92,5	2,4	152,5
15	17 VIII	37	31	223,5	5,9	73,0	1,9	150,5
18	15 VIII	26	10	131,7	3,5	21,6	0,6	110,1
18	17 VIII	29	9	166,8	4,1	27,8	0,7	129,0

Примечание. Ассимиляционная поверхность одного растения 3800 см².

Полученные данные по интенсивности фотосинтеза несколько ниже соответствующих данных для сахарной свеклы, приводимых другими авторами (^{3, 6, 7}). Это можно объяснить тем, что мы при пересчете учитывали листовую поверхность всех листьев, тогда как обычно определения ведутся с отдельными листьями, чаще средних ярусов. Кроме того, наши определения велись в августе, в период несколько пониженной интенсивности фотосинтеза.

Исследования, проведенные в других опытах, в июле, показали значительно более высокую интенсивность фотосинтеза. Дневной ход июльского фотосинтеза показан в табл. 3, где приведены данные для двух растений, росших в одинаковых условиях в вегетационном опыте на черноземной почве и имевших в момент исследования одинаковую ассимиляционную поверхность.

Принимая во внимание индивидуальные особенности растений, приведенные показатели интенсивности фотосинтеза можно считать достаточно близкими.

Повторяемость данных для одних и тех же растений в разные дни и совпадение результатов исследований двух растений одного варианта опыта, проведенных в одно и то же время, позволяют считать примененную методику удовлетворительной.

Таблица 3

Дневной ход фотосинтеза двух параллельных растений 13 VII.
Вегетационный опыт

Часы на- блюдений	Т-ра в домике в °С	Освещенность в тыс. люксов	Растение № 57		Растение № 59	
			Истинный фотосинтез			
			на растение	на 100 см² листов, по- верхн.	на растение	на 100 см² листов, по- верхн.
4	18	2	0,0	0,0	0,0	0,0
6	24	17	278,0	12,6	325,0	14,7
9	35	63	312,5	14,4	317,0	14,5
12	38	86	321,0	14,6	304,0	13,8
15	33	79	221,0	10,0	240,7	11,1
18	26	15	204,0	9,2	171,5	7,7

Примечание. 13 VII ассимиляционная поверхность растения № 57 2168 см² и растения № 59 2180 см².

Содержание углекислого газа в воздухе в Бутово под Москвой, где проводились эти исследования, менялось в зависимости от погоды и часов дня в пределах 0,50—0,60 мг/л. Полнота поглощения CO₂ из воздуха является важным показателем качества поглотителей.

В заключение можно отметить, что:

1. Описанный метод определения фотосинтеза и дыхания прост, позволяет работать с целыми растениями и не требует дорогостоящего оборудования. Он позволяет учитывать суточный ход фотосинтеза и дыхания и изменения интенсивности этих процессов в зависимости от условий роста растений.

2. Этот метод нуждается в дальнейшем усовершенствовании как в отношении конструкции домиков-изоляторов, так и в отношении самой методики определения применительно к отдельным культурам.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
свекловичного полеводства

Поступило
24 XII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. А. Бриллиант, Изв. АН СССР, сер. биол., № 3 (1947). ² В. А. Бриллиант, Фотосинтез как процесс жизнедеятельности растения, 1949. ³ Д. М. Головко, Свекловичное полеводство, № 1 (1938). ⁴ Л. А. Иванов, Сборн. работ по физиологии растений, посвященный памяти Тимирязева, 1941. ⁵ В. М. Катунский, там же, 1941. ⁶ А. Л. Курсанов, В. В. Благовещенский и М. И. Казакова, Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, биол. отд., 42, № 2 (1933). ⁷ А. Л. Курсанов и В. Угрюмов, там же, 43, № 1 (1934). ⁸ В. М. Любименко, Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире, 1935. ⁹ А. А. Ничипорович, Сов. ботаника, № 5—6 (1940). ¹⁰ А. А. Рихтер, ДАН, 2, № 7 (1936). ¹¹ Таблицы для расчета природной освещенности и видимости, 1945.