

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

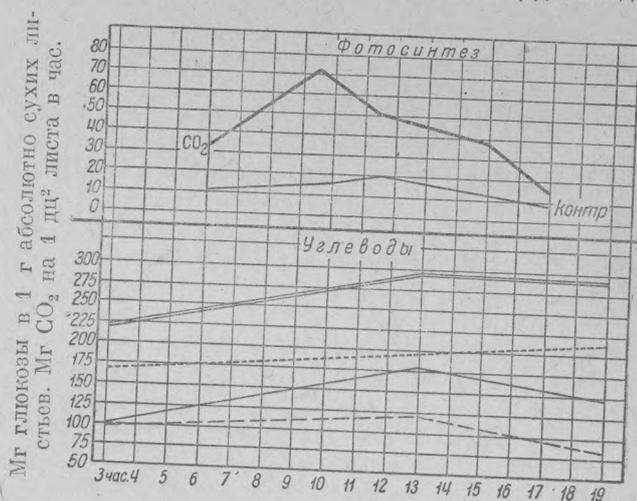
Л. М. ДОРОХОВ

**ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕВОДОВ В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ
ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОДЕРЖАНИИ CO₂ В ВОЗДУХЕ**

(Представлено академиком А. А. Рихтером 5 VIII 1938)

Многих исследователей интересовал вопрос влияния различных концентраций CO₂ в воздухе на фотосинтез и урожай. В подтверждение достаточно назвать работы Годлевского (1), Крейсера (2), Броуна (3), Фишера (4), Киселева (5), Вильштеттера и Штолля (6), Люндегорда (7), Благовещенского (8) и наши исследования с овощными растениями (9). Указанные авторы пришли к заключению, что при повышенном содержании CO₂ в воздухе фотосинтез растений значительно возрастает.

В последнее время опубликованы работы Чеснокова и Базыриной (10, 11), в которых авторы категорически отрицают возможность повышения ассимиляции под влиянием CO₂, объясняя ранее полученные данные методическими ошибками, допущенными исследователями в работах по фотосинтезу. Чесноков и Базырина приписывают CO₂, при высоком его



Фотосинтез и накопление углеводов при различном содержании CO₂ в воздухе. Листья огурцов. 9.VII.

растворимые — — — при 0.06% CO₂
сумма — — — при 0.90% CO₂
углеводов — — — при 0.06% CO₂
— — — при 0.90% CO₂

содержании в воздухе, роль только раздражителя-стимулятора роста, что по их мнению и приводит к увеличению урожая (11).

В задачу настоящей работы входило исследование динамики накопления углеводов в растениях, выращиваемых при различном содержании углекислого газа в воздухе. Периодическое в течение суток количественное

определение продуктов фотосинтеза могло дать представление об углеводном балансе растений при различном углекислотном режиме и в то же время показать, насколько достоверны данные о фотосинтезе, полученные авторами методом определения его в постоянном токе воздуха.

В теплице, в смежных стеклянных камерах, объемом каждая 18 м³, было выращено по 200 растений огурцов и по 300 растений салата. В одной из камер (контроль) содержание CO₂ в воздухе в период выращивания растений и определения углеводов не превышало 0.06%, в другой камере путем газирования из бомбы количество CO₂ поддерживалось на уровне 0.90% (газированная).

В июле месяце у огурцов в возрасте появления первых цветков, а у салата при образовании цветочных стеблей были определены в течение 5 дней фотосинтез, дыхание и одновременно взяты пробы на содержание углеводов. Первая проба листьев отбиралась до начала фотосинтеза (в 3—4 часа), последняя—в 19 час. и промежуточные между ними в 7, 11, 13 и 16 час. Средняя проба на углеводы составлялась для огуречных растений из 30, для салата из 100 листьев, взятых с разных растений. На огурцах для анализа брались: 9 VII четвертые от верхушки листья. 10 VII—третьи. У салата для той же цели срезались третий, четвертый, пятый, шестой и седьмой листья с 20 растений. В анализ поступали листо-

Таблица 1

Динамика накопления углеводов в листьях огурцов при различном содержании CO₂ в воздухе (в мг глюкозы в переводе на 1 г абсолютно сухих листьев)

Часы суток	9 VII						10 VII						27 VII						
	Растворим.		Нерастворим.		Сумма		Растворим.		Нерастворим.		Сумма		Растворим.		Нерастворим.		Сумма		
	Контр.	CO ₂	Контр.	CO ₂	Контр.	CO ₂	Контр.	CO ₂	Контр.	CO ₂	Контр.	CO ₂	Контр.	CO ₂	Контр.	CO ₂	Контр.	CO ₂	
3	98.3	100.7	65.4	418.0	463.7	218.7	112.6	450.2	64.2	115.4	176.8	265.3	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	132.6	154.7	48.1	82.8	450.7	237.5	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	144.0	176.6	48.6	114.9	492.6	291.5	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	140.5	172.7	72.2	128.3	212.7	301.0	—	—	—	—	—	—	—
11	406.5	478.6	73.2	412.5	479.7	291.4	122.8	131.4	75.3	261.2	498.1	332.3	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	116.4	164.8	87.3	224.5	203.7	339.3	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	79.2	457.4	131.6	434.4	210.8	291.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Возраст—плодоношения

Возраст рассады—появление первых цветков

вые пластинки (без черешков), которые немедленно после снятия их с растений помещались на 1 час в эксикаторы, насыщенные парами серного эфира. После обработки парами эфира растительный материал сушился при t° 50—60°, измельчался растиранием в фарфоровой ступке до состояния тонкой пыли, просеивался через металлическое сито и доводился до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре. В день определения углеводов учитывался процент гигроскопической воды, по которому вычислялся вес абсолютно сухой навески, взятой для анализа. Данные о содержании углеводов представлены в пересчете на 1 г абсолютно сухих листьев.

При анализах определялись общее содержание углеводов (сумма углеводов) и группа растворимых. Разница между первыми и вторыми давала количество нерастворимых углеводов. Извлечение растворимых углеводов (моно- и дисахаридов) производилось методом настаивания навески в воде при 40° в течение полутора часов. Гидролиз дисахаридов (сахароза, мальтоза) осуществлялся в общем водном экстракте при 0.8% HCl в течение 3 час. на кипящей водяной бане (100°). Белки осаждались уксуснокислым свинцом. При определениях общего содержания углеводов навеска листьев обрабатывалась 0.8% HCl, и колба ставилась на 3 час. в кипящую водяную баню для гидролиза. При описанном способе извлечения в раствор переходили крахмал, декстрины и гемицеллюлоза. Количественный учет углеводов, после перевода их гидролизом в моносахара, производился йодометрическим методом по Иссекутцу⁽¹²⁾ и выражался в мг глюкозы. Результаты анализов сведены в табл. 1 и 2. Из них видно, что как по общему запасу углеводов, так и по содержанию группы растворимых, опытные растения сильно отличались от контрольных. Количество растворимых углеводов в утренние часы (до начала фотосинтеза) у контрольных и опытных (газированных CO₂) растений было примерно одинаково. Разница в содержании их обнаружилась лишь с началом фотосинтеза, причем в течение всей остальной светлой части суток в листьях опытных растений количество растворимых углеводов было значительно выше, что может быть объяснено более энергичным накоплением их в процессе ассимиляции CO₂. Табл. 3 и фигура последнее вполне подтверждают. Максимальное превышение содержания растворимых углеводов в листьях опытных растений по отношению к контрольным равнялось: у огурцов 9 VII 98.7%, 10 VII 41.4%, 27 VII 33.8% и у салата 20 VII 28.6%, 21 VII 36.8%. Общий запас углеводов у опытных растений был выше соответственно на 59.8—98.0—67.7—33.8 и 19.3%. К концу дня (19 час.) абсолютное количество углеводов в листьях несколько понизилось, но указанное выше соотношение в содержании их у контрольных и опытных растений в общем сохранилось. Сопоставляя данные анализов с энергией ассимиляции CO₂, мы видим их полное совпадение по конечным выводам: фотосинтез у опытных растений был значительно выше за исключением трех случаев, когда наблюдалась диссимиляция. Следовательно мы можем сказать, что нет никаких оснований подвергать сомнению данные о положительном влиянии повышенных концентраций CO₂ на фотосинтез, полученные целым рядом исследователей методом учета последнего в постоянном токе воздуха. В специальном исследовании, проведенном нами⁽¹³⁾, обнаружилось, что в атмосфере, обогащенной CO₂, энергия дыхания растений сильно (в 1½—3 раза) возрастает. Последнее приводит к выводу, что с увеличением содержания CO₂ в воздухе в растениях происходит не только повышенное накопление углеводов, но и усиленный распад их при дыхании с освобождением необходимой для организма внутренней энергии.

Следовательно при удобрении растений CO₂ мы не можем рассматривать последний только как раздражитель. Углекислый газ при повы-

Таблица 2

Динамика накопления углеводов в листьях салата при различном содержании CO_2 в воздухе (в мг глюкозы в переводе на 1 г абсолютно сухих листьев)

Часы суток	20 VII						21 VII					
	Растворим.		Нерастворим.		Сумма		Растворим.		Нерастворим.		Сумма	
	Контроль	CO_2	Контроль	CO_2	Контроль	CO_2	Контроль	CO_2	Контроль	CO_2	Контроль	CO_2
4	56.5	49.5	48.5	55.9	105.0	105.4	68.3	68.7	54.8	62.9	123.1	131.6
8	84.2	80.6	28.0	31.0	112.2	111.6	—	—	—	—	—	—
11	82.7	86.9	25.3	26.9	108.0	113.8	—	—	—	—	—	—
13	70.7	79.6	55.6	59.2	126.3	138.8	77.0	92.5	50.1	42.7	127.1	135.2
16	95.2	128.8	31.8	41.0	127.9	169.8	—	—	—	—	—	—
19	76.8	98.8	64.2	65.7	141.0	164.5	94.9	130.8	55.1	48.8	150.0	179.6

Возраст—появление цветочных побегов.

Таблица 3

Фотосинтез растений при различном содержании CO_2 в воздухе (метод определения в постоянном токе воздуха)

Растение	Дата	№ определения	Время определения		Ассимиляция CO_2 в мг на 1 дц ² в 1 час			
			Час.	Мин.	При 0.06 % CO_2		При 0.90 % CO_2	
					Поглощено	Выделено	Поглощено	Выделено
Огурцы	9 VII	1	6	15	11.2	—	32.7	—
		2	9	25	13.4	+	71.4	—
		3	11	25	19.1	—	49.2	—
		4	14	48	12.5	—	37.4	—
		5	20	15	7.6	—	14.0	—
»	10 VII	1	5	10	0.0	0.0	95.4	—
		2	7	52	5.4	—	14.8	—
		3	11	30	12.7	—	65.4	—
		4	14	40	—	5.5	50.3	—
		5	17	52	—	43.8	37.0	—
Салат	20 VII	1	6	26	17.5	—	—	5.6
		2	9	50	4.5	—	38.1	—
		3	12	05	6.3	—	—	4.4
		4	14	55	3.4	—	7.0	—
		5	17	59	5.1	—	15.3	—
»	21 VII	1	6	45	2.6	—	14.6	—
		2	9	57	14.1	—	—	11.0
		3	12	11	4.5	—	16.8	—
		4	15	29	6.0	—	5.5	—
		5	18	01	11.2	—	15.2	—

шенных концентрациях и при длительном его воздействии на растения вносит глубокие изменения в ход физиологических процессов растительного организма. В частности CO_2 повышает энергию фотосинтеза, изменяя

в положительную сторону динамику накопления углеводов, усиливая одновременно и процесс распада их при дыхании. Преобладание усиления под влиянием CO_2 синтеза над повышением интенсивности дыхания приводит к более высокому содержанию углеводов в листьях опытных растений, обнаруженному анализами.

Лаборатория физиологии растений
Научно-исследовательского института
овощного хозяйства.
Москва.

Поступило
3 VIII 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ E. Godlewsky, Arb. a. d. Inst. Wurzburg, I, 333 (1873). ² Kreusler, Landwirt. Jahrb., 14, 931 (1885). ³ Brown, Proc. Roy. Soc. London, 70, 327 (1902). ⁴ H. Fischer, Gartenfl., Heft 14 u. 15 (1912). ⁵ N. Kisselew, Beihefte zum Bot. Zbl., XXXII, Abt. I (1914). ⁶ R. Willstaetter u. Stoll, Untersuchungen über die Assim. d. Kohlensäure (1918). ⁷ Lundegårdh, Der Kreisl. d. Kohlens. in d. Natur (1924). ⁸ В. А. Благовещенский, Planta, 24, 276 (1935). ⁹ Л. М. Дорохов, Тр. лаборатории агрохимии и биохимии овощей Академии с.-х. наук (1936). ¹⁰ В. Чесноков и Е. Базырина, Тр. Петергофского биол. ин-та, № 9 (1932) и № 15 (1935). ¹¹ В. Чесноков и Е. Базырина, Тр. Ленингр. об-ва естествоиспытателей, LXIII, вып. 1 ¹² Н. Н. Иванов, Методы физиол. и биохим. растений (1930). ¹³ Л. М. Дорохов, Доклады ВАСХНИЛ, № 3—4 (1938).