

## ФИЗИКА ПОЧВ

УДК 631.432

А. Д. ОВЧАРЕНКО

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ДИНАМИКА СОСТАВА  
ПОЧВЕННОГО ВОЗДУХА СУБТРОПИЧЕСКИХ ПОДЗОЛИСТЫХ  
ПОЧВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

Установлены различия в динамике содержания  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в почвенном воздухе субтропических подзолистых почв в зависимости от степени их окультуренности и водно-физических свойств.

Почвенный воздух является важнейшей составной частью почвы и главным источником кислорода, необходимого для дыхания растений и жизнедеятельности микроорганизмов. По данным Н. П. Поясова (1959), средние по плодородию почвы, занятые растениями, летом могут поглощать от 2,4 до 9,6 л/м<sup>2</sup> кислорода в сутки.

Углекислый газ также является одним из основных элементов углеродного питания растений, в результате которого в процессе фотосинтеза создается органическое вещество. По данным ряда авторов [7, 8], для получения урожая различных сельскохозяйственных культур от 30 до 70%  $\text{CO}_2$  используется из почвенного воздуха.

При искусственном увеличении  $\text{CO}_2$  в надземном слое воздуха выход растительной массы увеличивается до 30—50 и 100% [7].

Вместе с тем содержание значительного количества  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе (более 1—2%) является вредным для нормальной жизнедеятельности растений и микроорганизмов [9, 10, 12, 20].

Избыток углекислого газа и недостаток кислорода в большинстве случаев наблюдается при плохом газообмене между почвенным и атмосферным воздухом, обычно свойственным почвам временно или постоянно переувлажненным [12]. Поэтому изучение динамики  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  на таких почвах с целью их регулирования приобретает большое практическое значение.

В настоящей статье рассматриваются результаты изучения водно-физических свойств и содержания  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в почвенном воздухе субтропических сильноподзолистых почв, проведенного НИИ почвоведения, агрохимии и мелиорации Грузинской ССР на территории чайного совхоза Новые Киндги в 1973—1975 гг.

Исследования проводили на трех участках: 1) под молодой чайной плантацией (посадки 1966 г.) со средней урожайностью чайного листа 2,0—2,5 т/га — слабоокультуренная почва; 2) под старой чайной плантацией (посадки 1940 г.) с урожайностью чайного листа 4,4—4,5 т/га — окультуренная почва; 3) под эвкалиптовым лесом (целина) (посадки 1966 г.) — неокультуренная почва.

На каждом опытном участке по принятой методике [2, 11], а также по ранее описанным нами работам [13, 14] до глубины 0,9 м (15, 30, 45 и 90 см) ежемесячно отсасывали почвенный воздух и определяли содер-

жание  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ . Одновременно были изучены некоторые химические и водно-физические свойства этих почв.

За период исследований (1973—1975 гг.) самыми холодными месяцами были январь, февраль, март в 1973 и 1975 г. и январь, декабрь в 1974 г., температура воздуха которых в эти периоды варьировала в пределах  $3,1$ — $11,4^\circ$ . Самыми жаркими месяцами были июнь, июль, август и сентябрь с колебанием температуры от  $23$  до  $31^\circ$ . Наиболее дождливыми были 1973 г. (1406 мм) и 1975 г. (1647 мм).

В 1973 г. наибольшее количество осадков выпало в июне (207 мм), марте, мае, августе и октябре (от 142 до 161 мм). Минимум осадков наблюдался в сентябре (37 мм), январе, апреле и июне (от 58 до 80 мм).

В 1974 г. выпало 967 мм с максимальным количеством в апреле (150 мм) и декабре (130 мм). Наименьшее количество осадков отмечено в октябре (11,3 мм), феврале (22 мм) и январе (33 мм), в остальные месяцы выпало от 65 до 110 мм.

В 1975 г. наибольшее количество осадков пришлось на февраль (178 мм), июнь (246 мм), сентябрь (225 мм) и октябрь (244 мм), а наименьшее — на апрель (63 мм), май (40 мм) и август (82 мм), в остальные месяцы выпадало от 110 до 135 мм.

Наблюдения температуры почвы до глубины 0,5 м показали, что на всех участках она была довольно близкой. Отмечена определенная закономерность в годовом ее распределении. За период 1973—1975 гг. в среднем температура почвы в слое 0,5 м с января по апрель варьировала в пределах  $5$ — $12^\circ$ , в мае несколько повышалась до  $14$ — $15^\circ$ , а с июня по октябрь — от  $19$ — $25^\circ$ , уменьшаясь в ноябре до  $9$ — $14^\circ$  и в январе до  $7$ — $8^\circ$ .

Одним из характерных свойств исследованных субтропических сильноподзолистых почв является малая мощность (0,5 м) корнеобитаемого слоя, под которым залегает сильноцементированный ортштейновый горизонт (до 30—50 см).

По механическому составу эти почвы представлены легкосуглинками, иловато-пылеватыми разностями с содержанием физической глины от 57 до 69%. Основную массу механических элементов составляют мелкопылеватые (29—37%) и крупнопылеватые (21—36%) частицы. Количество иловатых фракций невелико (10—21%), распределены они равномерно по всему профилю.

Из данных табл. 1 видно, что более плодородными являются почвы под окультуренной старой чайной плантацией. Содержание гумуса в слое 0—50 см на всех участках колеблется от 0,5 до 5,2%, общего азота от 0,04 до 0,23%, общего фосфора от 0,032 до 0,198%, а обменного калия от 3,6 до 10,6 мг/100 г почвы. Емкость поглощения также довольно низкая, сумма поглощенных катионов не превышает 3,2—7,6 мг.экв./100 г почвы. Реакция среды этих почв (водной вытяжки) до глубины 0,5 м кислая, pH варьирует в пределах 4,3—5,4.

Известно, что основным фактором регулирования почвенного газообмена являются водно-физические свойства почвы. Для субтропических сильноподзолистых почв с маломощным корнеобитаемым слоем (0,5 м) улучшение физических свойств и особенно их структуры приобретает особо важное значение в газообмене и содержании в почвенном воздухе углекислого газа и кислорода.

Из табл. 2 видно, что наиболее благоприятные соотношения воды и воздуха, способствующие хорошему газообмену, наблюдаются в окультуренной почве под старой чайной плантацией.

Так, объемный вес до глубины 0,5 м здесь колеблется от 1,02 до 1,34 г/см<sup>3</sup>, общая скважность (ОС) от 52 до 60%, тогда как под молодой чайной плантацией и эвкалиптовым лесом соответственно 1,4—1,5 и 1,3—1,5 г/см<sup>3</sup>; 40,6—48,8 и 43,6—49,0%.

Таблица 1

Некоторые химические показатели субтропических сильноподзолистых почв  
совхоза Новые Киндги

Участок	Глубина, см	Гумус, %	Азот		Фосфор		Обменный К. мг/100 г почвы	Поглощенные катионы, мг-экв/100 г почвы				рН водный
			общий, %	гидролизуемый, мг/100 г почвы	общий, %	растворимый, мг/100 г почвы		Ca	Mg	N	сумма	
Молодая чайная плантация	0—10	1,59	0,09	3,4	0,035	2,0	5,52	2,02	1,01	0,79	3,82	4,9
	10—20	2,01	0,09	2,8	0,041	He	7,20	3,03	1,01	0,86	4,90	5,1
	20—30	1,78	0,09	2,3	0,041	1,0	5,52	1,01	2,02	0,71	3,74	5,1
	30—40	2,15	0,10	2,8	0,038	1,0	5,28	2,02	1,01	0,90	3,93	5,0
	40—50	0,51	0,04	2,8	0,032	He	3,60	2,02	1,01	0,74	3,77	5,2
Старая чайная плантация	0—10	5,15	0,23	8,5	0,198	17,5	8,98	1,01	1,01	1,51	3,53	4,4
	10—20	3,84	0,19	5,7	0,089	5,5	10,56	1,01	1,01	1,26	3,28	4,3
	20—30	3,14	0,14	5,1	0,089	4,0	9,78	2,02	2,02	1,37	5,42	4,8
	30—40	2,76	0,10	5,1	0,086	2,0	7,44	1,01	1,01	1,22	3,24	4,7
	40—50	2,15	0,07	2,8	0,064	He	6,24	1,01	1,01	1,02	3,05	4,7
Эвкалиптовый лес (целина)	0—10	3,89	0,16	3,4	0,064	2,5	5,28	2,02	2,02	1,15	5,19	5,0
	10—20	2,71	0,09	3,4	0,054	He	5,28	2,02	2,02	0,84	4,88	5,3
	20—30	3,84	0,16	2,8	0,051	2,0	5,04	3,03	2,02	0,76	5,81	5,2
	30—40	2,62	0,13	1,1	0,051	2,0	5,28	4,04	1,01	1,29	6,34	5,2
	40—50	2,53	0,07	1,7	0,044	He	5,04	3,03	He	1,18	4,21	5,4

Таблица 2

Некоторые водно-физические свойства субтропических сильноподзолистых почв  
совхоза Новые Киндги

Участок	Глубина, см	Объемный вес	Удельный вес	ОС, %	Мг, %	ВЗ, %	ОВ, %	ДАВ, %	Воздухо-емкость, %	Общая влаго-емкость	Содержание влаги в воздухе
		г/см <sup>3</sup>								% от общей скважности	
Молодая чайная плантация	0—10	1,37	2,56	46,09	7,2	24,0	38,7	14,7	7,4	83,9	16,1
	10—20	1,42	2,75	48,36	7,4	24,8	32,2	7,5	16,2	66,6	33,4
	20—30	1,34	2,59	48,27	6,5	25,0	36,2	11,2	12,1	75,0	25,0
	30—40	1,30	2,54	48,82	7,4	23,5	35,0	11,4	13,8	71,7	28,3
	40—50	1,52	2,56	40,62	8,6	26,0	34,3	8,2	6,4	84,3	15,7
Старая чайная плантация	0—10	He	опр.	46,43	7,4	24,7	35,3	10,6	11,2	76,3	23,7
	10—20	1,02	2,57	59,93	7,5	18,4	39,6	21,2	20,4	66,0	34,0
	20—30	1,21	2,60	53,47	8,1	21,5	36,9	15,4	16,6	69,0	31,0
	30—40	1,15	2,59	55,60	10,5	19,7	39,8	20,1	15,8	61,6	38,4
	40—50	1,23	2,77	55,60	8,7	21,0	37,2	16,2	18,4	66,9	23,1
Эвкалиптовый лес (целина)	0—10	1,34	2,79	51,98	9,1	22,0	37,4	15,4	14,6	71,9	28,1
	10—20	He	опр.	55,32	8,8	20,5	38,2	17,7	17,2	67,1	32,9
	20—30	1,36	2,59	47,50	11,9	26,6	38,2	11,6	9,3	80,5	19,5
	30—40	1,34	2,56	47,66	9,0	23,1	40,4	17,3	7,3	84,7	15,3
	40—50	1,29	2,53	49,02	7,3	24,8	39,1	14,2	10,0	79,7	20,3
Эвкалиптовый лес (целина)	0—10	1,43	2,56	44,15	8,7	28,4	34,3	5,9	9,9	77,6	22,4
	10—20	1,49	2,64	43,57	8,3	25,5	34,1	8,6	9,5	78,2	21,8
	20—30	He	опр.	46,38	9,0	25,7	37,2	11,5	9,2	80,1	19,9
	30—40	1,49	2,64	43,57	8,3	25,5	34,1	8,6	9,5	78,2	21,8
	40—50	He	опр.	46,38	9,0	25,7	37,2	11,5	9,2	80,1	19,9

На более высокое уплотнение почвы на последних участках существенное влияние оказывает наличие в них большого количества орштейновых зерен, в отдельных горизонтах (в 10-сантиметровом слое) оно достигает 5—20%, или 120—420 т/га, а в окультуренной почве не превышает 7—8%, или 60—150 т/га.

Таким образом, в окультуренной почве создаются более благоприятные условия аэрации, а слабоокультуренные и некультуренные почвы имеют неудовлетворительную скважность [6].

Максимальная гигроскопическая влажность (МГ) этих почв в слое 0—50 см колеблется от 6,5 до 11,9%.

Данные влажности завядания (ВЗ), определенные по максимальной молекулярной влагоемкости, также указывают на более благоприятные условия водного режима в почвах под старой чайной плантацией, ВЗ для этих почв составляет в среднем 20,5%, тогда как на остальных участках она достигает 24,7 и 25,7%.

Известно, что общая влагоемкость (ОВ) почвы является важнейшей характеристикой водных свойств почвы и является верхним порогом оптимальной влажности почвы [6]. В связи с малой мощностью корнеобитаемого слоя (0,5 м) в субтропических сильноподзолистых почвах ОВ приобретает особо важное значение в обеспечении чайных растений усвояемой влагой. По горизонтам до глубины 0,5 м она распределяется более или менее равномерно и варьирует в пределах 32,2—40,4%. В зависимости от ОВ и ВЗ диапазон активной влаги (ДАВ) более высокий на почвах под старой чайной плантацией, где в среднем он составляет 17,7%, под молодой чайной плантацией — 10,6% и целиной — 11,5%.

Наиболее благоприятные условия аэрации при ОВ наблюдаются также на окультуренном варианте, воздухоемкость здесь в среднем составляет 17,2%, тогда как на остальных почвах она на 6—7% меньше.

На более благоприятные водно-воздушные условия в окультуренной почве указывают процентное соотношение общей влагоемкости и содержание воздуха в зависимости от скважности почвы [16, 17].

Изучение водно-физических свойств субтропических сильноподзолистых почв позволило рассчитать для слоя 0,3 и 0,5 м запасы влаги, воздуха и их содержание при различных гидрологических константах и разделить запасы воды по степени ее доступности для растений (табл. 3). Запас непродуктивной влаги в почве под молодой чайной плантацией составляет для слоя 0,3 м — 737 м<sup>3</sup>/га, для 0,5 м — 1232 м<sup>3</sup>/га, под целиной соответственно 746 и 1284 м<sup>3</sup>/га. В окультуренной почве эти величины несколько меньше (595 и 1026 м<sup>3</sup>/га).

Максимальное же количество воды, которое может вместить полуметровый слой почвы при ОВ для первых двух участков составляет 1764 и 1860 м<sup>3</sup>/га, тогда как на окультуренной почве оно достигает 1908 м<sup>3</sup>/га.

Влажность замедления роста (ВЗР) [16] по участкам соответственно составляет 1235, 1302 и 1336 м<sup>3</sup>/га.

В соответствии с запасами влаги при ОВ и ВЗ происходит распределение продуктивной влаги по горизонтам. Для окультуренной почвы она составляет 882 м<sup>3</sup>/га, для слабоокультуренной 532 м<sup>3</sup>/га и под целиной 576 м<sup>3</sup>/га.

Более оптимальные условия водоотдачи также складываются в окультуренной почве, где запас почвенного воздуха при влажности замедления роста растений (ВЗР) составляет 572, а при ОВ (от скважности) — 858 м<sup>3</sup>/га. На остальных участках эти показатели более низкие — 529—556 м<sup>3</sup>/га и 558 и 459 м<sup>3</sup>/га соответственно.

На более благоприятный водно-воздушный режим на окультуренной почве указывает и соотношение общего запаса воды к воздуху, которое для слоя 0,5 м составляет 2,2, и продуктивной влаги — 1,02, на

Таблица 3

Запасы влаги и воздуха в субтропических подзолистых почвах и их соотношение при различных гидрологических константах

Участок	Слой, см	Общий запас влаги *				Запас продуктивной влаги, м <sup>3</sup> /га		Запас почвенного воздуха, м <sup>3</sup> /га от ОВ				Отношение общего запаса воды (числитель) и продуктивной влаги к воздуху (знаменатель)			
		МГ	ВЗ	ВЗР	ОВ	ВЗР	ОВ	МГ	ВЗ	ВЗР	ОВ **	МГ	ВЗ	ВЗР	ОВ
Молодая чайная плантация	0—30	$\frac{210}{20}$	$\frac{737}{69}$	$\frac{750}{70}$	$\frac{1071}{100}$	13	334	861	334	321	354	$\frac{0,24}{-}$	$\frac{2,2}{-}$	$\frac{2,3}{0,04}$	$\frac{3,0}{0,94}$
	0—50	$\frac{370}{21}$	$\frac{1232}{70}$	$\frac{1235}{70}$	$\frac{1764}{100}$	3	532	1394	532	529	556	$\frac{0,27}{-}$	$\frac{2,3}{-}$	$\frac{2,3}{0,006}$	$\frac{3,2}{0,96}$
Старая чайная плантация	0—30	$\frac{161}{14}$	$\frac{595}{51}$	$\frac{813}{70}$	$\frac{1162}{100}$	248	567	1001	567	349	528	$\frac{0,16}{-}$	$\frac{1,0}{-}$	$\frac{2,3}{0,62}$	$\frac{2,2}{1,07}$
	0—50	$\frac{439}{23}$	$\frac{1026}{54}$	$\frac{1336}{70}$	$\frac{1908}{100}$	310	882	1469	882	572	858	$\frac{0,30}{-}$	$\frac{1,2}{-}$	$\frac{2,3}{0,54}$	$\frac{2,2}{1,02}$
Эвкалиптовый лес (целина)	0—30	$\frac{282}{24}$	$\frac{746}{63}$	$\frac{824}{70}$	$\frac{1176}{100}$	78	430	894	430	352	266	0,32	1,7	$\frac{2,3}{0,18}$	$\frac{4,4}{1,65}$
	0—50	$\frac{452}{24}$	$\frac{1284}{69}$	$\frac{1302}{70}$	$\frac{1860}{100}$	18	576	1408	576	558	459	0,32	2,2	$\frac{2,3}{0,03}$	$\frac{4,1}{1,25}$

\* Числитель — м<sup>3</sup>/га, знаменатель — % от ОВ.

\*\* От ОС.

Участок	Глубина, см	1973 г.						1974 г.						
		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
Молодая чайная плантация	15	1,10	1,30	0,70	1,00	0,60	1,20	1,00	1,20	0,73	1,33	1,40	1,47	0,85
		19,70	19,50	19,50	20,10	19,80	19,50	19,80	19,90	20,13	19,73	19,70	18,52	20,10
	30	1,30	1,80	1,00	1,20	0,80	1,30	Вода	1,40	1,33	1,13	1,60	1,47	1,73
		19,70	19,10	19,30	20,10	20,30	19,20	Вода	19,60	19,53	20,00	19,30	19,60	19,60
	45	1,90	2,30	0,40	1,70	1,70	2,00	Вода	1,47	1,60	1,40	Вода	2,00	2,07
19,20		18,40	19,50	19,60	19,90	18,80	Вода	19,47	19,30	19,26	Вода	18,60	19,00	
90	2,40	2,70	2,00	2,10	1,80	1,80	Вода	Вода	Вода	1,00	Вода	Вода	2,20	
	15,60	17,80	16,00	19,00	19,70	19,60	Вода	Вода	Вода	19,70	Вода	Вода	18,50	
Старая чайная плантация	15	0,90	1,30	0,70	0,40	0,40	0,80	0,70	0,73	0,40	0,80	0,73	0,80	1,07
		20,10	19,90	19,80	20,50	20,50	20,30	20,50	20,13	20,46	20,27	20,20	19,90	20,00
	30	1,10	1,20	1,10	0,60	0,53	0,90	0,70	0,87	0,73	0,47	0,53	1,20	1,13
		20,00	19,80	19,50	20,50	20,40	20,20	20,40	20,53	20,20	20,53	20,30	19,60	19,83
	45	1,60	1,90	1,40	0,90	0,66	1,10	Вода	0,87	0,73	0,60	0,50	1,27	1,27
19,10		19,70	19,60	20,20	20,30	19,50	Вода	20,13	20,53	20,43	20,30	19,70	19,93	
90	3,10	3,00	1,00	0,90	1,10	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	1,30	
	16,40	18,10	19,40	19,70	20,10	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	19,60	
Эвкалиптовый лес (целина)	15	3,40	2,90	Вода	1,10	0,90	1,30	0,60	1,33	1,00	1,27	1,06	2,73	1,47
		17,60	18,30	Вода	19,90	20,30	19,80	20,40	19,53	20,00	19,63	19,80	17,40	19,95
	30	4,20	2,50	Вода	1,50	1,35	1,30	Вода	1,50	1,30	1,53	1,20	4,20	1,53
		17,30	18,50	Вода	19,70	19,90	19,00	Вода	19,33	19,93	19,73	19,63	15,70	19,20
	45	5,00	4,40	Вода	2,20	1,40	Вода	Вода	1,80	1,27	1,46	Вода	3,40	2,33
16,20		17,40	Вода	19,30	19,60	Вода	Вода	18,60	19,27	19,40	Вода	16,13	18,33	
90	Вода	1,10	Вода	3,00	1,50	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	2,70	
	Вода	19,10	Вода	17,90	19,80	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	Вода	17,80	

Примечание. Для каждой глубины верхняя строчка — содержание CO<sub>2</sub>, нижняя — O<sub>2</sub>.

остальных вариантах эти величины колеблются в пределах 3,2—4,1 и 0,96—1,25 [1, 3].

В результате ежегодного внесения на чайные плантации органических удобрений в виде торфа и остатков при подрезании чайных кустов значительно улучшаются водно-физические свойства субтропических сильноподзолистых почв [15]. При этом увеличиваются такие показатели, как ОС, МГ, ОВ, ДАВ, воздухоемкость, водопроницаемость и др., которые играют решающую роль в газообмене и содержании O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> в этих почвах.

В период выпадения значительных и затяжных осадков под молодой плантацией и эвкалиптовым лесом благодаря малой мощности корнеобитаемого слоя поры почвенного воздуха быстро заполняются водой и чайные растения страдают от недостатка кислорода. В засушливый период при относительно малом запасе доступной влаги последняя быстро расходуется на испарение и транспирацию, и растения страдают от недостатка влаги. Поэтому в окультуренной почве под старой чайной плантацией с высокой водопроницаемостью, некапиллярной скважностью и другими благоприятными свойствами при интенсивных атмосферных осадках значительное количество пор быстро освобождается от воды, в результате чего улучшаются условия газообмена. В засушливый период благодаря лучшей структуре почвы замедляется испарение влаги, сохраняются ее запасы и улучшаются водные свойства почв этого участка.

Содержание CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в почвенном воздухе зависит от температуры, влажности, растительного покрова, мощности корнеобитаемого слоя и водно-физических свойств (окультуренности) субтропических подзолистых почв.

Из данных табл. 4 видно, что сильное нарушение в газообмене наблюдается в периоды обильного выпадения атмосферных осадков и

подзолистых субтропических почвах за 1973—1975 гг.

1974 г.						1975 г.								
VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1,00	Вода	1,13	0,87	0,60	Вода	0,66	0,20	0,30	0,73	0,80	0,63	1,93	1,73	1,87
20,00		19,80	19,80	20,33		20,06	20,80	20,53	19,66	20,07	20,15	19,20	19,63	17,93
1,40		1,87	1,33	0,73		1,00	0,33	0,93	0,86	1,60	0,40	3,53	3,53	3,33
19,00		19,33	19,66	20,33		19,40	20,53	20,01	20,33	19,40	20,73	17,60	17,00	16,87
1,40		2,20	2,00	1,15		Вода	0,50	1,00	1,53	1,93	0,93	3,27	5,06	3,40
18,60		19,10	19,20	19,13			20,70	19,80	19,86	18,93	19,83	16,53	15,80	17,27
1,00		2,40	2,30	1,90			0,20	0,90	1,30	0,90	2,30	4,70	5,20	Вода
19,00		20,70	18,50	19,10			20,80	19,70	19,20	19,40	18,50	14,70	13,70	Вода
0,80	1,00	0,93	0,27	0,20	0,93	0,46	0,47	0,20	0,27	0,40	0,70	0,66	1,13	0,27
19,60	20,00	20,20	20,53	20,80	20,93	20,33	20,73	20,61	20,53	20,40	20,40	20,33	19,60	20,80
0,40	0,80	0,60	0,46	0,66	Вода	0,70	0,33	0,20	0,46	0,70	1,43	1,10	1,00	0,66
20,80	20,20	20,90	20,30	20,13		20,20	20,73	20,53	20,46	20,40	19,40	19,90	19,53	20,10
0,80	0,80	1,20	0,86	0,66		1,00	0,53	0,53	0,86	1,00	2,53	2,33	2,06	1,26
20,20	20,20	20,07	20,23	20,06		19,73	20,53	20,83	20,20	20,10	18,33	18,00	18,46	20,30
1,00	1,00	0,90	1,00	1,80		Вода	0,30	0,40	0,70	0,90		0,20		0,20
20,00	20,00	20,10	19,70	20,00			20,40	20,90	20,50	19,80	Вода	20,50	Вода	20,50
1,20	1,40	0,87	0,73	0,66		1,80	0,47	1,73	0,86	1,40	3,80	3,43	1,93	2,87
19,80	20,00	19,93	20,20	20,33		18,60	20,20	18,87	19,93	19,33	17,0	17,13	19,20	17,46
1,80	2,00	1,07	1,13	1,26		1,20	0,53	3,20	1,20	2,87	3,93	3,53	2,46	4,43
19,30	18,00	19,97	20,00	19,46		19,46	20,67	16,27	19,86	17,80	17,60	17,03	18,40	14,86
1,80	Вода	1,47	1,66	1,46		Вода	0,53	1,60	1,73	3,53	4,86	4,06	3,00	2,33
18,50		19,97	19,46	19,20			20,40	19,13	19,33	17,27	16,40	16,26	17,60	17,46
2,00		1,70	2,00	1,50			0,30	0,20	0,60	1,40		1,40	2,00	Вода
19,00		19,60	19,20	19,40			20,40	20,20	20,30	19,70	Вода	18,50	19,00	Вода

высоких температур почвы и атмосферного воздуха. В 1973 г. в июне в слое 0,5 м при температуре почвы, равной 21,3—22,0°, а влажности—29,4—29,9% (от объема) содержание CO<sub>2</sub> в это время на первом участке достигало 1,1—1,9%, на втором 0,9—1,6% и значительное количество отмечено под лесом (от 3,4 до 5,0%).

Дальнейшее увеличение влажности и температуры также сопровождалось увеличением количества CO<sub>2</sub>, особенно в июле, на первом участке от 1,3 до 2,3%, на втором—от 1,3 до 1,9%, на третьем от 2,5 до 4,4% и несколько уменьшалось в августе—на первом до 0,4—1,0%, на втором—до 0,7—1,4%, на третьем почвенная толща полностью была занята водой.

В сентябре и октябре при некотором уменьшении влажности почвы и высокой температуре (от 20,3 до 24,7) несколько улучшились условия газообмена, и содержание CO<sub>2</sub> на первом участке варьировало в сентябре от 0,6 до 1,7%, в октябре—от 1,2 до 2,0%; на втором—от 0,4—0,9% и 0,40—0,66% и на третьем—от 1,1 до 2,2% и от 0,9 до 1,4% соответственно.

К концу года благодаря значительному выпадению осадков в ноябре происходило увеличение CO<sub>2</sub> по всему профилю на всех участках, а в декабре на первом и третьем вариантах с глубины ниже 15 см поры почвенного воздуха были полностью заполнены водой, а на окультуренном варианте—лишь с глубины 30 см. За 1973—1975 гг. на этом участке только в 2 случаях, в декабре 1973 и 1974 гг. поры почвенного воздуха с глубины 30—45 см были полностью заполнены водой, на других участках эти явления наблюдались чаще.

Содержание CO<sub>2</sub> в слое 90—100 см, т. е. под ортштейновым слоем, обычно превышало его содержание над ортштейновым горизонтом (40—50 см) или поры почвенного воздуха были заняты водой; эта за-

кономерность наблюдалась в течение всего времени проведения исследований.

В период с большим содержанием  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе количество  $\text{O}_2$  резко уменьшалось (до 15,6—17,0%), при этом нарушалось соотношение в содержании  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ , сумма их в таких случаях превышала 21%, достигая в отдельных горизонтах максимум 21,8%. Такое соотношение  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  отмечалось целым рядом авторов и для других почв [5, 13, 14, 19].

В 1974 г. несмотря на понижение температуры почвы, особенно в зимний и отчасти весенний период, высокая влажность почвы, которая обычно превышала 30% (от объема), вызвала ухудшение газообмена этих почв, причем на первом и третьем участках даже в верхнем (0—15 см) слое количество  $\text{CO}_2$  превысило 1%, а в мае увеличилось в первом случае до 1,47%, а во втором — 2,73%, в более глубоких горизонтах (40—50 см)  $\text{CO}_2$  достигает соответственно 2,0 и 4,2%, а нижние горизонты в отдельные периоды бывают заполнены водой.

С повышением температуры почвы в летний период до 21—22° и некоторым уменьшением влажности почвы, особенно в верхних горизонтах, количество  $\text{CO}_2$  на первом и третьем участках несколько уменьшилось. В августе в период обильных осадков весь профиль почвы частично или полностью был занят водой, то же самое наблюдалось и в декабре.

Совсем иные условия в газообмене и содержании  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  наблюдались в окультуренной почве с более благоприятными физическими свойствами. Несмотря на то что влажность почвы этого участка в большинстве случаев была выше, чем на первом и третьем участках, все же при высокой скважности, воздухоемкости и водопроницаемости почва быстро освобождалась от избытка влаги, и газообмен ее был более благоприятным. Так, например, только в июле 1973 и августе 1975 г. в верхнем (0—15 см) слое количество  $\text{CO}_2$  достигало максимума 1,13—1,30%, в остальное время оно было обычно меньше 1%, увеличиваясь несколько с глубиной; здесь наблюдались и более высокие показатели  $\text{O}_2$ .

Примерно такая же закономерность в динамике содержания  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  наблюдалась и в 1975 г. В зимний период при высокой влажности и низкой температуре почвы и атмосферного воздуха количество  $\text{CO}_2$ , за исключением участка под лесом, не превышало по всему профилю 1%. В дальнейшем при повышении температуры почвы и высокой влажности благодаря обилию атмосферных осадков происходило ухудшение газообмена между почвенным и атмосферным воздухом.

Количество  $\text{CO}_2$ , особенно на первом и третьем участках, постоянно увеличивалось, достигая максимума в летний период на первом участке с июля, а на третьем — уже с июня. Под молодой чайной плантацией количество  $\text{CO}_2$  в верхнем (0—15 см) слое в июле, августе и сентябре достигло почти 2%, а на глубине 40—50 см оно превысило 3—5%. Под лесом с июня по сентябрь содержание  $\text{CO}_2$  было еще больше и достигло 1,93—3,8%, а в более глубоких слоях почвы 2,33—4,06%. Значительное количество  $\text{CO}_2$  и уменьшение  $\text{O}_2$  также вызывают в такие периоды нарушение их эквивалентности, сумма  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  часто превышает 21%.

Иные условия в газообмене наблюдались на окультуренной почве, менее уплотненной, с высокой скважностью и воздухоемкостью. Лишь в августе этого года в слое 0—15 см количество  $\text{CO}_2$  превышало 1%, достигая 1,13%, в остальное время было меньше 0,7%, хотя в более глубоких горизонтах (0—50 см) наблюдалось увеличение углекислого газа в летний период до 2,06—2,53%.

Под оршфейновым горизонтом (90—100 см) наблюдается прямая зависимость в содержании  $\text{CO}_2$  от его содержания в вышележащей толще (40—50 см). Так, под молодой чайной плантацией в слое 40—50 см

в августе количество  $\text{CO}_2$  достигало 5,06%, а на глубине 90—100 см — 5,2% и т. д.

В августе 1974 г. было проведено определение суточного изменения содержания углекислого газа и кислорода со взятием проб почвенного воздуха через каждые 4 час.

Накануне проведения этих наблюдений прошли сильные дожди, поэтому влажность почвы на всех участках была довольно высокая — в среднем для слоя 0—50 см на первом участке она составила 34,9%, на втором — 32,2% и на третьем — 34,5%. Температура почвы также варьировала в пределах 21—22% с максимумом в 13 и 17 час. дня.

Из табл. 5 видно, что под молодой чайной плантацией в первые часы наблюдений (9 и 13 час.) весь профиль почвы был занят водой и лишь к 17 час. верхние слои почвы начали освобождаться от воды, а слой 45—90 см полностью освободился от воды лишь к 9 час. утра следующего дня. Высокая влажность почвы способствовала затуханию биологической активности почвы, поэтому количество  $\text{CO}_2$  здесь не превышало 0,2—1,0%.

Таблица 5

Динамика суточного изменения  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  (% от объема) в субтропических подзолистых почвах

Участок	Глубина, см	Часы наблюдений													
		9		13		17		21		1		5		9	
		$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$
Молодая чайная плантация	15	Вода				0,6	20,4	0,2	20,6	0,4	19,8	0,6	19,6	0,8	19,6
	30							1,0	19,6	0,2	20,4	0,2	20,4	0,8	19,8
	45					Вода								0,2	20,6
	90													0,2	20,8
Старая чайная плантация	15	0,2	20,6	1,0	20,0	0,2	20,4	0,2	20,4	1,0	19,4	0,8	20,2	0,4	20,4
	30	0,8	20,2	0,8	20,2	0,8	20,0	0,2	20,8	0,6	19,8	0,6	19,8	0,4	20,4
	45	0,4	20,2	0,8	20,2	0,8	20,4	0,6	20,0	0,8	20,0	0,6	20,0	0,8	20,0
	90	0,4	20,0	1,0	20,0	0,9	20,0	1,0	19,2	2,6	18,6	1,2	19,0	2,0	19,0
Эвкалиптовый лес (целина)	15	0,2	20,8	1,4	20,0	2,4	17,2	2,6	17,4	2,6	14,4	1,0	19,0	1,0	20,0
	30	0,4	20,2	2,0	18,0	2,4	17,6	3,6	15,4	3,0	17,0	2,8	17,0	2,6	17,6
	45	Вода				0,6	20,0	2,0	19,0	2,0	17,0	2,2	18,0	2,4	18,0
	90													Вода	

На третьем участке интенсивное развитие лесной и травянистой растительности способствовало значительному содержанию  $\text{CO}_2$ , а высокая влажность почвы плохому газообмену, поэтому здесь наблюдались высокие концентрации  $\text{CO}_2$ , достигающие в отдельных горизонтах 2,0—3,6%.

На почвах с лучшими водно-физическими свойствами, несмотря на высокую влажность заполнение водой пор не наблюдалось, высокая влажность почвы лишь способствовала затуханию биологической активности. Поэтому в течение суток количество  $\text{CO}_2$  в слое 0—50 см не превышало 1%, более высокие концентрации  $\text{CO}_2$  все же наблюдались в середине дня в 13 и 17 час. Под оршштейновым горизонтом на глубине 90 см в отдельные сроки количество  $\text{CO}_2$  достигало 2,0—2,6%.

Изучение «дыхания» этих почв, проведенное в мае, июне и июле 1975 г., показало, что в весенний период под лесом выделяется в течение суток до 31 кг/га, а летом до 38—41 кг/га  $\text{CO}_2$ , соответственно под старой чайной плантацией 28 и 31—36 кг/га и под молодой 15 и 23—31 кг/га.

Из данных табл. 6 видно, что температура почвы на всех участках была почти одинаковой, с незначительной разницей в 1—2°. Небольшая

Таблица 6

Влияние влажности, температуры, содержания  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в субтропических подзолистых почвах на урожайность чайного листа (среднее за 1973—1975 гг. для слоя 0—50 см)

Участок	1973 г.						1974 г.						1975 г.						Среднее за 3 года					
	Температура почвы, $^{\circ}\text{C}$	Запас влаги, $\text{м}^3/\text{га}$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	Урожай чай-ного листа, $\text{т}/\text{га}$	Температура почвы, $^{\circ}\text{C}$	Запас влаги, $\text{м}^3/\text{га}$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	Урожай чай-ного листа, $\text{т}/\text{га}$	Температура почвы, $^{\circ}\text{C}$	Запас влаги, $\text{м}^3/\text{га}$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	Урожай чай-ного листа, $\text{т}/\text{га}$	Температура почвы, $^{\circ}\text{C}$	Запас влаги, $\text{м}^3/\text{га}$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	Урожай чай-ного листа, $\text{т}/\text{га}$				
																					% от объема	% от объема	% от объема	% от объема
Молодая плантация	19,3	4588	1,30	19,52	2,0	13,8	1630	1,38	19,48	2,5	14,8	1619	1,48	19,70	2,8	16,0	1642	1,39	19,56	2,43				
	19,0	4615	0,96	20,02	4,5	15,1	1573	0,76	20,24	4,4	14,0	1714	0,86	20,01	5,4	16,0	1634	0,86	20,09	4,76				
	20,2	4562	3,37	18,78	—	15,5	1423	1,59	19,18	—	14,7	1744	2,53	18,41	—	17,5	1566	2,50	18,79	—				
Старая плантация																								
Эвкалиптовый лес (целина)																								

разница между участками отмечалась и в запасах влаги; в отдельные годы она составляла 47—95  $\text{м}^3/\text{га}$ , а за 3 года в среднем 22—68  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Несмотря на высокие запасы влаги в слое 0,5 м в окультуренной почве под старой чайной плантацией (1634  $\text{м}^3/\text{га}$ ), но благодаря хорошим физическим свойствам газообмен между почвенным и атмосферным воздухом здесь протекает в наиболее благоприятных условиях и более интенсивно.

Таким образом, в окультуренной почве под старой чайной плантацией в среднем в течение 1973—1975 гг. количество  $\text{CO}_2$  варьировало от 0,76 до 0,96%, а кислорода от 20,01 до 20,24%, на слабоокультуренной почве соответственно от 1,30 до 1,48% и от 19,48 до 19,7%; под эвкалиптовым лесом от 1,59 до 3,37% и от 18,41 до 19,18%.

Более высокая урожайность чайного листа, как и следовало ожидать, наблюдалась также на окультуренной почве — в среднем 4,76  $\text{т}/\text{га}$ , на слабоокультуренной она достигала 2,43  $\text{т}/\text{га}$ .

### Выводы

1. Для субтропических сильноподзолистых почв характерна малая мощность корнеобитаемого слоя (0,5 м), под которым залегает сильноцементированный орштейновый горизонт (мощностью от 30 до 50 см), поэтому газообмен этих почв в основном зависит от окультуренности корнеобитаемого слоя.

2. Изменение состава почвенного воздуха в этих почвах в основном зависит от влажности и температуры в периоды сильного переувлажнения почвы, особенно в летнее время, при высокой температуре и влажности почвы нарушается газообмен, накапливается большое количество  $\text{CO}_2$  (до 5—6%), снижается содержание  $\text{O}_2$  (до 15—16%), нарушается эквивалентность, сумма  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в такие периоды достигает 21,2—21,8%.

3. Более благоприятные условия газообмена, большее содержание  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  наблюдались в окультуренной почве. В среднем за 3 года количество углекислого газа в почвенном воздухе на окультуренном варианте было 0,86%, кислорода — 20,09%, на слабо-

окультуренной — 1,39 и 19,56% и на неокulturенной почве — 2,50 и 18,79%.

4. Для создания более благоприятного воздушного режима в почвах под молодыми чайными плантациями (в слабоокulturенных) все агротехнические мероприятия по уходу должны быть направлены на улучшение физических свойств и создание прочной комковатой структуры посредством внесения органических удобрений и посева сидератов с последующей их запашкой. В почвах с малой мощностью корнеобитаемого слоя (0,5 м), с подстилающим мощным (30—50 см) ортштейновым горизонтом необходимо в дальнейшем избегать закладки чайных плантаций без предварительной и коренной их мелиорации.

#### Литература

1. Архипкин В. Г., Буров Д. Н. Гидрологические константы чернозема обыкновенного южной части Заволжья. Почвоведение, 1975, № 1.
2. Бондарев А. Г. Воздушные свойства и воздушный режим почв. В кн.: Агротехнические методы исследования почв. «Наука», 1966.
3. Буров Д. Н. Научные основы обработки почв Заволжья. Куйбышев, 1970.
4. Вильямс В. Р. Почвоведение. Сельхозгиз, 1946.
5. Грецин П. П., Игнатев Н. Н. Поглощение молекулярного кислорода и выделение углекислоты. Почвоведение, 1969, № 6.
6. Качинский Н. А. Оценка основных физических свойств в агрономических целях и природного плодородия их по механическому составу. Почвоведение, 1958, № 5.
7. Ковда В. А. Основы учения о почвах, кн. 1. «Наука», 1973.
8. Макаров Б. Н. Дыхание почвы. Природа, 1953, № 9.
9. Макаров Б. Н. Воздушный режим дерново-подзолистой почвы. Почвоведение, 1966, № 11.
10. Мацкевич В. Б. Сезонная динамика содержания  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе мощных черноземов под различной растительностью. Курск, 1965.
11. Мина В. Н., Макаров Б. Н., Мацкевич В. Б., Штанов Н. В. Методы изучения воздушного режима почв при стационарных исследованиях. Почвоведение, 1962, № 2.
12. Новиков М. А. Состав почвенного воздуха торфяно-болотных почв. Почвоведение, 1962, № 2.
13. Овчаренко А. Д. Динамика состава почвенного воздуха красноземных почв. Почвоведение, 1972, № 5.
14. Овчаренко А. Д. Динамика состава почвенного воздуха подзолисто-глеевых почв Колхиды. Почвоведение, 1974, № 12.
15. Ониани О. Г. Фосфатный режим кислых почв и применение фосфорных удобрений на чайных плантациях Грузии. Тбилиси, 1974.
16. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных карт землепользования. «Колос», 1973.
17. Рактанэн Л. С. К вопросу скважности почв. Тр. Кишиневск. СХИ, 1960.
18. Роде А. А. Почвенная влага. Изд. АН СССР, 1952.
19. Шкуранов П. Н. О сумме концентрации углекислого газа и кислорода в почвенном воздухе. Тр. Белорусск. НИИ почвовед., агрохимии, вып. 9. Минск, 1972.
20. Юркевич Н. Д., Смоляк Л. П., Гарин Б. Э. Содержание  $\text{O}_2$  в почвенной воде и  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе лесных болот. Почвоведение, 1966, № 2.

НИИ почвоведения, агрохимии  
и мелиорации МСХ ГрузССР

Дата поступления  
16.XII.1976 г.

A. D. OVCHARENKO

#### WATER AND PHYSICAL PROPERTIES AND DYNAMICS OF SOIL-AIR COMPOSITION IN SUBTROPICAL PODZOLIC SOILS OF DIFFERENT CULTIVATION DEGREE

Differences in dynamics of soil air composition ( $\text{CO}_2$  and  $\text{O}_2$ ) in subtropical podzolic soils have been found depending on cultivation degree and water-physical properties.