

Ф. Ф. ДИКОВСКИЙ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ПОЧВ В КИСЛОРОДЕ КАК МЕТОД  
ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ В НИХ АЭРОБНЫХ  
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 16 VII 1951)

Среди происходящих в почве процессов, сопровождающихся поглощением кислорода из воздуха (химическое окисление, дыхание микроорганизмов, корней растений и др.), основным потребителем кислорода обычно являются аэробные микробиологические процессы, зависящие от условий среды, количества и видового состава микрофлоры.

Таким образом, теоретически представляется возможным судить об аэробных процессах в почве по поглощению кислорода. В первом приближении можно определять потребность почвы в кислороде лабораторным методом. При соответствующем подборе условий выемки образца, его подготовки и стандартного испытания результаты опыта будут связаны с особенностями почвы и ее микрофлоры и могут послужить для сравнительной оценки способности почв к развитию аэробных процессов.

Методика. Мы измеряли поглощение  $O_2$  образцом почвы из замеренного объема воздуха. Респирометр (см. рис. 1) представлял собой стеклянный сосуд А с манометром М. Сосудик Б содержал 32,9% раствор КОН для поглощения  $CO_2$  и создания определенной упругости водяных паров. Образец почвы размельчался, из него удалялись корни растений, насекомые, черви и т. п. После этого 100 г почвы помещалось в прибор Е, который затем погружался в защищенную от света водяную ванну при  $20 \pm 2^\circ$ . Отдельно определялась влажность образца. Перед опытом определялся объем воздуха  $V$  в приборе и фактор  $F$ . Из прибора газовой бюреткой изымался с приведением к атмосферному давлению ( $p$  мм рт. ст.) определенный объем воздуха ( $dV$  мл) и отсчитывалось показание манометра ( $m$  мм рт. ст.); затем по уравнению (1)

$$V = \frac{dV}{m} p - (ph + N), \quad (1)$$

где  $h$  и  $N$  — постоянные прибора, определялся объем воздуха в приборе, причем из нескольких значений  $V$  бралось среднее.  $F = V/p + h$ . При начале опыта закрывался кран К и отмечались атм. давление  $p_0$  и температура прибора  $t_0$ . Во время опыта, через 4-, 12-, 24-часовые интервалы регистрировались показания манометра  $m_1, m_2, \dots$ , атм. давление  $p_1, p_2, \dots$  и температура прибора  $t_1, t_2, \dots$ . В конце опыта, вслед за последним отсчетом  $m_n, p_n, t_n$ , производилось поглощение оставшегося кислорода введением через трубку К в сосудик Б 30% раствора пирогаллола. Затем отсчитывались: показание манометра  $m_k$ , атм. давление  $p_k$  и температура прибора  $t_k$ .

Изменения в газовой фазе прибора по интервалам времени вычислялись по формуле

$$\pm \Delta v_1 = V 0,359 \left( \frac{p_1 - C_1 \pm M_1}{273 + t_1} - \frac{p_0 - C_0}{273 + t_0} \right) \quad (2)$$

где  $-\Delta v_1$  — искомое изменение в миллилитрах убыли газа, приведенного к нормальным условиям,  $C$  — упругость водяных паров над КОН при температуре прибора; для влажных почв учитывалось изменение концентрации КОН за время опыта, что устанавливалось через определение влажности почвы и после опыта.

$M_1 = m_1 + a$ , где поправка  $a = m_1 \frac{h}{F}$ .

Знак при  $M_1$  в формуле (2) зависит от того, было ли давление в приборе меньше (—) или больше (+)  $p_1$ . Вычисления  $\Delta v_1, \Delta v_2, \dots$  дают результаты нарастающим итогом так, что изменение за все время опыта  $\Delta v_n$  получается из последних отсчетов.

Количество  $O_2$ , поглощенное пирогаллолом, вычислялось по формуле

$$-\Delta v_k = (V - u) 0,359 \left( \frac{p_k - C_k - M_k}{273 + t_k} - \frac{p_n - C_n \pm M_n}{273 + t_n} \right), \quad (3)$$

где  $-\Delta v_k$  — количество  $O_2$  в мл, приведенного к нормальным условиям;  $u$  — количество пирогаллола в мл;  $C_k$  — упругость водяных паров, учитывая добавочное разбавление КОН пирогаллолом.  $M_k = m_k + a + b$ , где  $b = u/F$ . Пренебрегая изменением  $F$  при  $\frac{u}{V} 100 \leq 2\%$ , мы принимали  $a = m_k \frac{h}{F}$ .

Начальное количество  $O_2$  может быть вычислено по  $V$  и приведено к нормальным условиям  $V_k$ . Сумма  $\Delta v_n + \Delta v_k$  была равна  $V_k$  в пределах ошибки измерения, составившей около 1,5% от величины  $V_k$ , или не равна  $V_k$ , выходя за пределы ошибки. В первом случае вычисленные  $-\Delta v_1, -\Delta v_2, \dots, -\Delta v_n$  принимались в качестве результатов опыта. Для большинства исследованных почв сумма  $\Delta v_n + \Delta v_k$  отвечала этому условию. Во втором случае разница могла быть результатом поглощения еще другого газа ( $N_2$ ) и выделения почвой других газов, кроме  $CO_2$ . Эта разница вносилась как поправка к  $\Delta v_1, \Delta v_2, \dots, \Delta v_n$ , и исправленный таким образом ряд принимался как результат опыта. Такие почвы встречались реже.

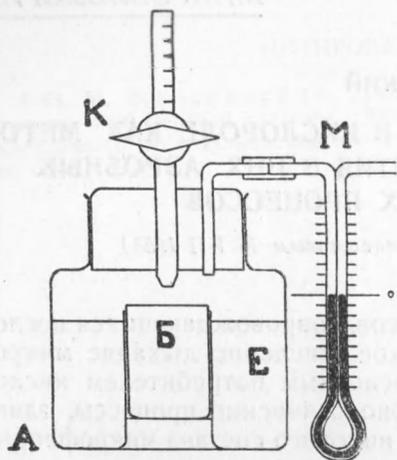


Рис. 1

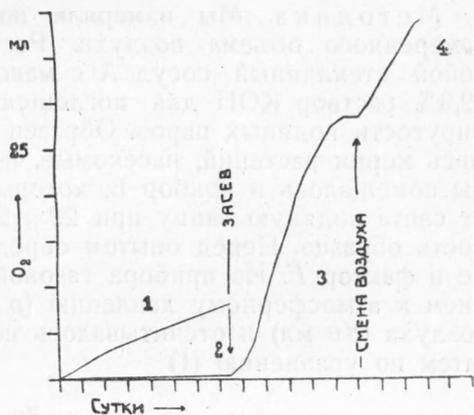


Рис. 2. Кривые поглощения  $O_2$ . 1 — почва богарного поля после весенних посадок картофеля, без удобрений, влажность 14%; 2 — та же почва, но простерилизованная при  $120^\circ 45$  мин.; 3 — предыдущий образец после засева болтушкой исходной почвы. После использования около 90%  $O_2$  поглощение исчезающе мало, но при смене воздуха в приборе оно возобновляется (4)

Кроме кривых поглощения, результаты выражались величиной  $q$  — количеством  $O_2$  в мл ( $0^\circ$ , 760 мм), поглощаемым 100 г почвы за сутки, в среднем из первых 40—50 час. испытания. При средних величинах  $q$  относительная средняя разница между параллельными опытами составляла около 10%. Применявшийся способ отбора корней был достаточен, так что более тщательный отбор уже не влиял на  $q$ . Так например,  $q$  было: для почвы без отбора 1,4; с принятым отбором 1,0; с весьма тщательным отбором, с применением лупы и рассеиванием, 1,0. Опыты ставились чаще всего в день выемки образцов. Испытания показали, что хранение образца в плотно закрытой, защищенной от света стеклянной банке при температуре  $15-20^\circ$  в течение 1—2 суток изменяло результаты чаще всего незначительно. Для некоторых опытов прибор видоизменялся в дифференциальный.

Объектами исследований в 1947—1950 гг. были светлокаштановые почвы Центрального Казахстана из пахотного слоя\*.

Результаты некоторых опытов. Описанным методом мы регистрировали в основном процессы микробиологические. Химические процессы окисления были обычно слабо выражены. На рис. 2 представлены кривые поглощения.

Из других опытов (табл. 1) видно, что  $q$  изменяется сопряженно с численностью микроорганизмов в почве, определявшейся подсчетом бактериофорных и микофорных частиц по методу Д. М. Новогрудского (1).

Таблица 1

Вариант 1: почва из ризосферы яровой пшеницы Гордеиформе 189 по пласту многолетних трав, на богаре, 1950 г. Вариант 2: почва из ризосферы яровой пшеницы Карагандинская по пару, на богаре, 1950 г.

	16 V		23 V		5 VI		20 VII		5 VIII	
	В а р и а н т ы									
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Влажность почвы в % . . . . .	14,6	10,7	9,7	8,6	9,2	4,8	6,1	5,1	4,4	3,2
$q$ . . . . .	3,0	1,4	1,8	0,7	0,8	0,6	0,4	0,9	0,3	0,4
Число микробофорных частиц в тыс. на 1 г почвы . . . . .	298	134	116	115	192	114	144	85	92	44

Таблица 2

Почва из ризосферы картофеля, сорт № 958 Карагандинский весенней посадки 1950 г., полив 18 VI. Вариант 1: без удобрения. Вариант 2: полное удобрение (навоз + NPK)

	12 VI		19 VI		22 VI	
	В а р и а н т ы					
	1	2	1	2	1	2
Влажность почвы в % . . . . .	5,4	6,4	11,2	11,2	5,9	8,0
$q$ . . . . .	0,8	1,9	4,0	7,0	1,0	4,3

Изменение величины  $q$  отражает условия среды, усиливающие или угнетающие аэробные микробиологические процессы.

\* Метод испытывался в 1950 г. Карагандинской сельскохозяйственной опытной станцией при участии А. А. Корнилова.

Таблица 3

Вариант 1: почва без удобрений, после уборки картофеля, влажность 14%. Вариант 2: почва из теплицы, удобренная, влажность 22%

	Варианты				
	1		2		
Температура во время опыта в °	-1,3	+20,7	+21	затем +30	затем +21
q . . . . .	0,16	0,70	3,8	5,3	2,0

влияющие на аэробную микрофлору в ризосфере, в том числе и такие, которые, как показала иными методами Е. Ф. Березова (2), связаны с особенностями и возрастом растения. Так, если принять  $q$  для почвы целинной типчаковой степи с влажностью 8,4% за 100%, то почва из ризосферы люцерны в это же время будет—см. табл. 4.

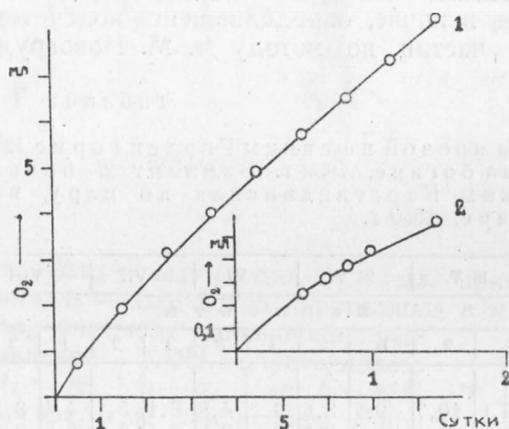


Рис. 3. 1 — почва без удобрений, после уборки картофеля, влажность 10,4%,  $Q=1,39 T^{0,83}$ ,  $r=1,15$ ; 2 — почва типчаковой целинной степи в конце вегетации, влажность 8,4%,  $Q=0,42 T^{0,7}$ ,  $r=0,29$ . Точки — опыт

процесса;  $n$  характеризует изменение интенсивности во время опыта (см. рис. 3).

Первая производная  $\frac{dQ}{dT} = AnT^{(n-1)}$  дает скорость процесса. При  $T=1$  получаем скорость через одни сутки:  $r = An$ .

Таким образом, величины  $A$  и  $r$  из эмпирической формулы кривой поглощения строже, чем  $q$ , могут послужить для сравнительной оценки способности почв к развитию аэробных процессов по изложенному методу.

Карагандинская сельскохозяйственная  
опытная станция

Поступило  
9 III 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Д. М. Новогрудский, Изв. АН СССР, сер. биол., 6, 710 (1948). <sup>2</sup> Е. Ф. Березова и Е. Х. Ремпе, Докл. Всесоюзн. Акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, 11, 3 (1950).

Таблица 4

Люцерна 1950 г. в конце вегетации

	Год жизни			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Влажность почвы в % . . . . .	5,8	5,4	4,2	5,5
q в % к q целинн. типчаков. степи с влажн. 8,4%	234	366	267	234

Из табл. 2 видно влияние агрофона и влажности, из табл. 3 — влияние температуры.

Величина  $q$  отражает условия, влияющие на аэробную микрофлору в ризосфере, в том числе и такие, которые, как показала иными методами Е. Ф. Березова (2), связаны с особенностями и возрастом растения. Так, если принять  $q$  для почвы целинной типчаковой степи с влажностью 8,4% за 100%, то почва из ризосферы люцерны в это же время будет—см. табл. 4.

Выражая результаты нарастающим итогом, не прерывая испытания, мы можем выражать процесс в виде функции от времени. Математический анализ некоторых кривых поглощения привел к эмпирическим формулам вида:

$$Q = AT^n,$$

где  $Q$  — величина поглощения  $O_2$  100 г почвы в условиях метода за время  $T$  в сутках;  $A$  характеризует интенсивность процесса;  $n$  характеризует изменение интенсивности во время опыта