

БАКТЕРИАЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ ТСХА

Л. В. МОСИНА, В. Т. ЕМЦЕВ

(Кафедры лесоводства и микробиологии)

В связи с задачей повышения продуктивности лесов необходимо учитывать не только физико-химические свойства почвы, но и пищевой режим, в большой мере определяемый жизнедеятельностью почвенных микроорганизмов, являющихся одним из основных звеньев биологического круговорота. Микробная плазма содержит примерно 12 % N, 3 % P_2O_5 и 2,2 % K_2O (в пересчете на сухое вещество) [1]. После отмирания микроорганизмов 3/4 количества питательных элементов освобождается в минеральной форме и используется растениями [3]. Поскольку бактериальная масса почв весьма велика, от жизнедеятельности почвенных микроорганизмов в значительной мере зависит плодородие земель [5, 7, 11 и др.]. Следовательно, изучение продуктивности

Лесоводственная характеристика насаждений

Насаждение	Таксационная характеристика	Возраст насаждений, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м ³
Дуб, кв. 11, пр. пл. 18	$\frac{5Д5Лп \text{ ед. Б}}{9Кл. о + Д1Лп \text{ ед. Б}}$	200	60	25	330
Сосна с липой, кв. 11, пр. пл. В ²	$\frac{10С}{10 Лп м}$	101 55—65	29 22	24 18	430
Береза*, кв. 6, пр. пл. 17	$\frac{6Б2Лц1С1Кл. о. \text{ ед. В, Лп, Д}}{\text{ед. С}}$	30—35	16	16	140
Лиственница спелая, кв. 11, пр. пл. Г	10 Лц сук	86—91	34	28	700
Лиственница молодая, кв. 11, пр. пл. 13 ⁶	10 Лц п ед. Дкр	15—22	9	8	30

* Таксационная характеристика 1973 г. [18]. Во время проведения наших исследований (1977 г.) на этой пробной площади наблюдалось исключительное преследание березы, которая в молодом возрасте на Лесной опытной даче является самым жизнестойким лесообразователем, перерастающим и вытесняющим все другие породы, в том числе и лиственницу.

микроорганизмов в почве имеет большое значение, но затруднено в связи с отсутствием достаточно обоснованной методики ее определения. Некоторые советские и зарубежные исследователи пытались на основе численности почвенного микронаселения вычислить его биомассу [5, 7, 11, 15, 20]. Более точные результаты дает определение биомассы при длительных ежедневных наблюдениях за численностью микроорганизмов. Однако имеющиеся данные по этому вопросу единичны и ограничиваются отдельными характеристиками численности биомассы без описания воздействующих на нее экологических факторов.

Вместе с тем известно, что разные древесные породы неодинаково влияют на водно-физические и физико-химические свойства почвы. Так, еловые леса сильно затевают почву, более требовательны к ее влажности, сильнее подкисляют почвенный раствор по сравнению с лесами лиственными [4, 16; 17 и др.]. Это сказывается на размерах биомассы микроорганизмов и их составе. Так, по имеющимся данным, в Московской области биомасса грибов под березняком в горизонте А₁ составляет 1,8 мг на 1 г, под ельником-зеленомошником — 4,1 мг [10], микробная биомасса в 10 см слое дерново-подзолистой почвы в елово-пихтовом лесу под разнотравной растительностью за 19 дней наблюдений в июле — 20 т/га¹ [14].

В задачу наших исследований входило определение микробной продуктивности под разными древесными породами².

Работа проводилась на территории Лесной опытной дачи ТСХА в насаждениях дуба, сосны с липой, березы, лиственницы спелой и молодой (табл. 1).

Почва под этими насаждениями дерново-подзолистая с различной мощностью гумусового горизонта и степенью выраженности подзолистого горизонта [18].

¹ Бактерий учитывали методом капилляров Б. В. Перфильева и Д. Р. Габе.

² Настоящая работа является частью проводимых на кафедре лесоводства исследований лесных биоценозов.

Методика

Для отбора почвенных проб в насаждениях разного породного состава были выделены по три типичных дерева вдали от вытопанных дорожек на типичных элементах рельефа (всего 15 модельных деревьев).

Почвенные образцы верхнего 10-см слоя (без подстилки) брали на расстоянии 1,5—2 м от ствола каждого дерева по окружности ежедневно в одно и то же время суток с 27 июня по 18 июля 1977 г. Повторность 3-кратная. Из трех образцов составляли смешанный образец для анализа.

Учет общего количества микроорганизмов проводили путем посева почвенной суспензии на твердые питательные среды по методике, принятой Отделом почвенных микроорганизмов Института микробиологии АН СССР [по 12]).

Результаты учета численности микроорганизмов показали, что она значительно изменяется во времени, причем колебания ее носят периодический характер, что позволило выделить отдельные периоды (L) между максимумами [19].

Время между максимальной и минимальной численностью микроорганизмов принимали за активную часть периода ($L - a$) [19].

По полученным данным для каждого периода была рассчитана микробная продуктивность, т. е. количество мертвой микробной массы по формуле [19]

$$M = \frac{mk(L-a)n}{100},$$

где M — масса отмерших микроорганизмов; m — масса бактериальной клетки; k — максимальное число микроорганизмов в периоде; $(L-a)$ — биологически активная часть периода; n — % отмерших клеток в периоде.

При расчете биомассы исходили из средней массы бактериальной клетки, равной $2,92 \cdot 10^{-12}$ г, и условного допущения, что в каждый период отмирает 75% клеток [1]. Общую микробную продуктивность рассчитывали как сумму за все периоды.

Ежедневно в одно и то же время суток определяли температуру и влажность почвы. Все наблюдения проводили в 3-кратной повторности.

Мы признаем большую условность данного метода расчета и не претендуем на высокую точность полученных результатов, однако считаем, что с помощью этого метода можно составить более точное представление о микробной продуктивности, чем путем пересчета результатов одного или небольшого числа наблюдений за численностью микроорганизмов.

В настоящей работе приводятся результаты определения биомассы микроорганизмов, учитываемых на мясо-пептонном агаре (МПА, рН 7,0—7,2).

Результаты и их обсуждение

Насаждения дуба, кв. 11, пр. пл. 18. Почвы дубравы характеризуются высокой численностью микроорганизмов — 1,64 млн.—25,4 млн. клеток в 1 г (рис. 1).

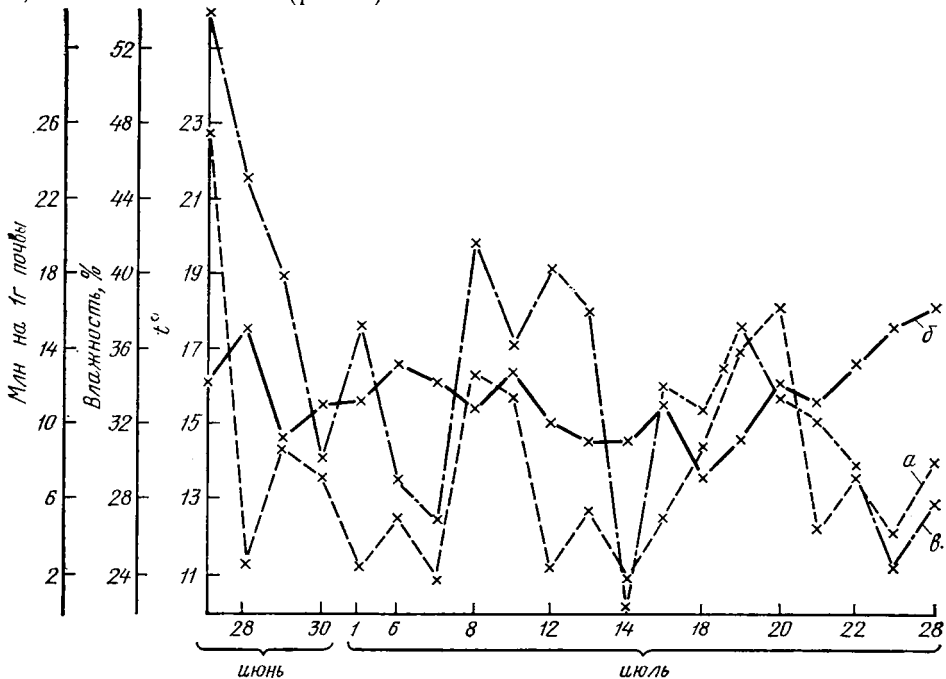


Рис. 1. Динамика численности микроорганизмов (а), температуры (б) и влажности (в) в слое почвы 0—10 см дубового насаждения.

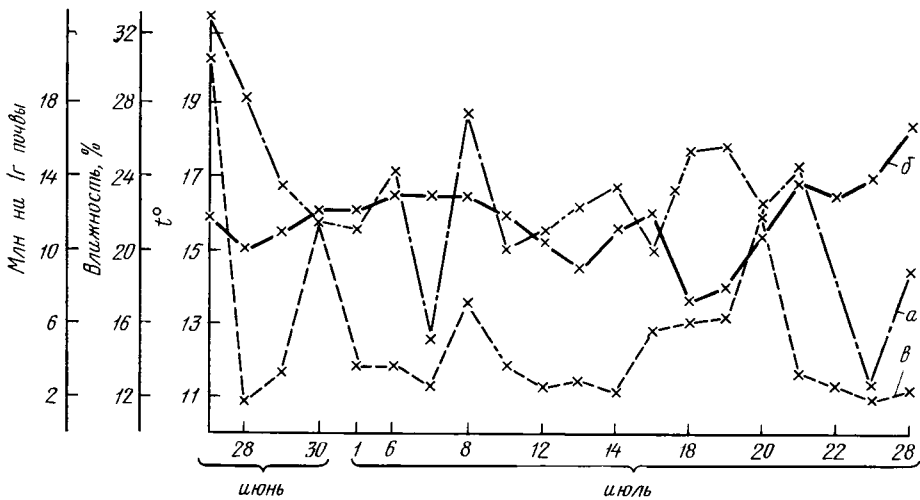


Рис. 2. Динамика численности микроорганизмов (а), температуры (б) и влажности (в) в слое почвы 0—10 см сосново-липового насаждения.

За время наблюдений выделено 7 периодов со средней продолжительностью около 2 дней. В 1-й период (с 27 по 29 июня) число микробов достаточно четко коррелировало с влажностью и температурой почвы и было самым высоким за весь срок наблюдения. Продолжительность следующего периода — 3 сут. Здесь уже не отмечалось четкой связи числа микробов с температурным режимом и влажностью почвы. Во все остальные периоды эта связь, особенно с влажностью верхнего горизонта, прослеживалась очень хорошо.

Продуктивность микроорганизмов зависит от их численности и продолжительности активного периода. Причем в отдельные сроки последней оказывает большее влияние, чем численность микробов. Так, при одинаковой численности микробов (около 12 млн.) во 2-й и 4-й периоды и большей продолжительности последнего продуктивность в 4-й период была почти в 2 раза выше (табл. 2). Минимальная продуктивность аммонифицирующих микроорганизмов отмечалась в третьей декаде июля. Общая продуктивность аммонификаторов с 27 июня по 28 июля составила примерно 260 кг сырой массы на 1 га, что в пересчете на сухое вещество [1] равно 52 кг/га.

Если учесть, что на твердых питательных средах выявляется всего лишь 0,01% микроорганизмов [5], то на 1 га должно приходиться 5,2 т

Таблица 2

Микробная продуктивность в почвах дубравы

Периоды	L	a	L-a	Максимум, млн. на 1 г почвы	Микробная масса в 10-см слое		Содержание в сухом веществе микробной массы, кг/га		
	сут				г на 1 г почвы	кг/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	1	1	25,4	55·10 ⁻⁶	55	1,32	0,33	0,24
2	3	1	2	8,7	38·10 ⁻⁶	38	0,91	0,23	0,17
3	2	1	1	12,8	28·10 ⁻⁶	28	0,67	0,17	0,12
4	3	1	2	11,6	51·10 ⁻⁶	51	1,22	0,31	0,22
5	5	4	1	16,0	35·10 ⁻⁶	35	0,84	0,21	0,15
6	2	1	1	16,0	35·10 ⁻⁶	35	0,84	0,21	0,15
7	2	1	1	7,7	17·10 ⁻⁶	17	0,41	0,10	0,08
1—7	19	10	9	—	—	259	5,37	1,35	1,13

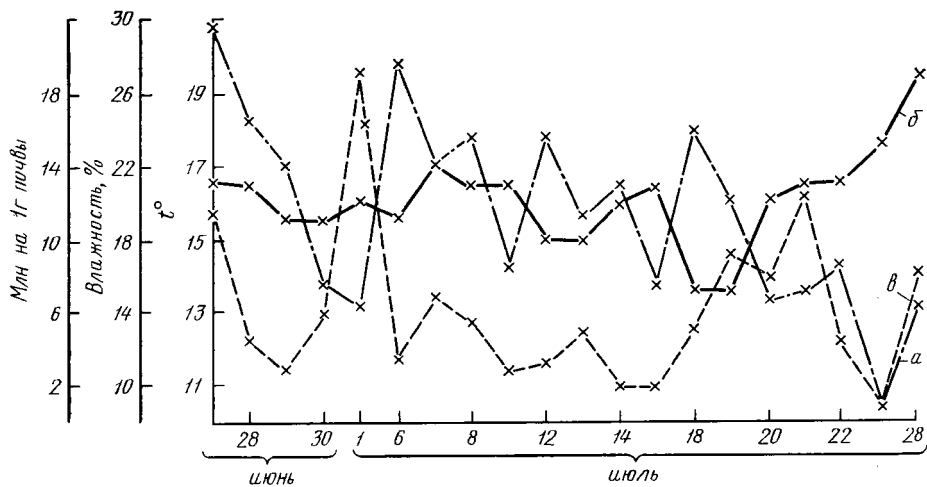


Рис. 3. Динамика численности микроорганизмов (а), температуры (б) и влажности (в) в слое почвы 0—10 см березового насаждения.

сухого вещества микробной плазмы в месяц, а за вегетационный период, с середины мая до середины сентября, при той же численности микроорганизмов — около 21 т, где содержится 2,5 т N; 0,6 т P_2O_5 и 0,5 т K_2O .

Сосново-липовое насаждение, кв. 11, пр. п.л. В². Численность микроорганизмов здесь колебалась от 20 млн. до 2 млн. клеток и зависела в большей степени от температуры, чем от влажности почвы (рис. 2).

В развитии микробов наблюдалось 3 неполных периода продолжительностью от 3 до 8 сут, а максимум биомассы приходился на середину июля — 107 кг/га (табл. 3). Доля биомассы в биологическом круговороте за счет аммонификаторов равномерно увеличивалась в течение месяца, что имело место только в данном насаждении.

Из расчетов следует, что за вегетационный период в почвах сосново-липового насаждения может образоваться 90 т микробной массы на 1 га, а в пересчете на сухое вещество — 17 т/га.

Березовое насаждение, кв. 6, пр. п.л. 17. Численность аммонификаторов в почве этого насаждения в среднем около 6 млн. с колебаниями от 1 млн. до 20 млн. (рис. 3) при максимуме, как и в дубраве, в конце июня. Динамика ее в основном связана с изменениями температуры и влажности почвы, но в отдельные моменты снижение количества микробов не определялось ухудшением гидротермического режима, например с 1 по 7 июля, когда влажность почвы повысилась с 14 до

Таблица 3

Микробная продуктивность в почвах сосново-липового насаждения

Периоды	L	a	L-a	Максимум. млн. на 1 г почвы	Микробная масса в 10-см слое		Содержание в сухом веществе микробной массы, кг/га		
					г на 1 г поч- вы	кг/га	N	P_2O_5	K_2O
1	3	2	1	20,5	$44,9 \cdot 10^{-6}$	44,9	1,1	0,27	0,20
2	4	1	3	11,35	$74,7 \cdot 10^{-6}$	74,7	1,8	0,45	0,33
3	8	4	4	12,2	$106,8 \cdot 10^{-6}$	106,8	2,56	0,64	0,44
1-3	15	7	8	—	—	226,4	5,46	1,36	0,97

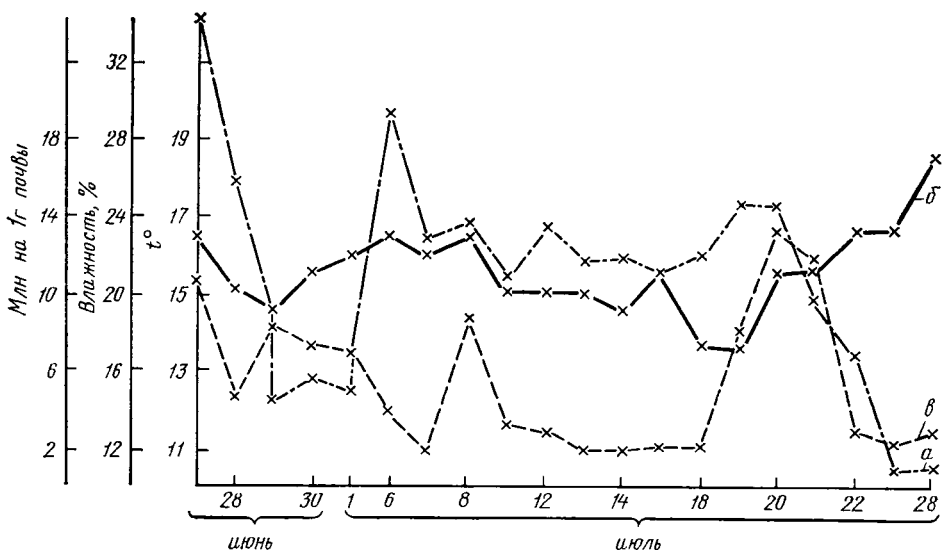


Рис. 4. Динамика численности микроорганизмов (а), температуры (б) и влажности (в) в слое почвы 0—10 см спелого лиственничного насаждения.

22 % при одинаковом уровне температуры. Вероятно, изменение численности микробов в известной степени можно объяснить периодичностью роста корневой системы [6], а также изменением в течение вегетации хода поглощения растениями питательных веществ и оттока последних через корни в почву [2, 9].

В почве березового насаждения отмечено 6 периодов генерации микроорганизмов продолжительностью 2—4 дня (табл. 4).

Биомасса колебалась по периодам от 28 до 85 кг. За вегетационный период сырая микробная масса, по расчетам, может составить здесь 112 т/га (22,4 т сухого вещества).

Насаждения лиственницы спелой (кв. 11, пр. пл Г) и молодой (кв. 11, пр. пл. 13^б). Для изучения влияния возраста насаждений на продуктивность микроорганизмов был поставлен опыт с лиственницей спелой (86—91 год) и молодой (15—22 года).

Численность микроорганизмов в спелом лиственничном насаждении колебалась от 2 млн. до 13 млн. клеток (рис. 4). Вначале она была достаточно высокой, но в дальнейшем снизилась и лишь во второй декаде июля в течение 3 дней достигла максимума. Возможно, это объясняется некоторым увеличением влажности почвы (с 21—22 до 25 %). В динамике численности аммонификаторов наблюдалось 5 периодов

Таблица 4

Микробная продуктивность в почвах березового насаждения

Периоды	L	a	L-a	Максимум, млн. на 1 г почвы	Микробная масса в 10-см слое		Содержание в сухом веществе микробной массы, кг/га		
	сут				г на 1 г почвы	кг/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	4	2	2	19,39	84,9 · 10 ⁻⁶	84,9	2,04	0,51	0,37
2	2	1	1	19,39	42,5 · 10 ⁻⁶	42,5	1,02	0,25	0,19
3	4	2	2	6,71	29,4 · 10 ⁻⁶	29,4	0,71	0,18	0,13
4	4	2	2	9,0	39,4 · 10 ⁻⁶	39,4	0,95	0,24	0,17
5	2	1	1	12,65	27,7 · 10 ⁻⁶	27,7	0,66	0,17	0,12
6	3	1	2	12,65	55,4 · 10 ⁻⁶	55,4	1,33	0,33	0,24
1—6	19	9	10	—	—	279,3	6,71	1,68	1,22

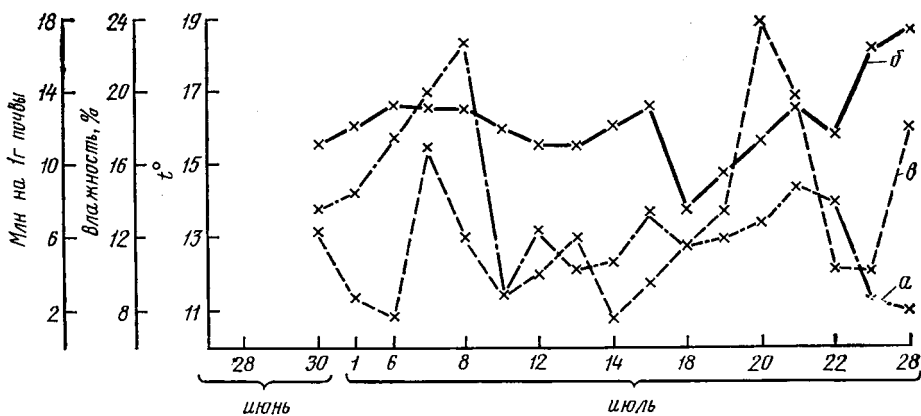


Рис. 5. Динамика численности микроорганизмов (а), температуры (б) и влажности (в) в слое почвы 0—10 см молодого лиственничного насаждения.

продолжительностью от 2 до 5 сут. В 1-й и 5-й периоды она была почти одинаковой (11 млн. и 13 млн. клеток), но микробная продуктивность в 5-й период оказалась значительно больше (в 4 раза), что объясняется более длительным временем размножения микробов в конце июля (табл. 5).

За вегетационный период в этом насаждении, по расчетам, может быть вовлечено в биологический круговорот 21,7 т биомассы, в которой на азот приходится 2,6 т; P_2O_5 — 0,7, и K_2O — 0,5 т.

В почве молодого насаждения лиственницы, несмотря на низкую ее влажность, численность микроорганизмов также была высокой — от 1 млн. до 18 млн. (рис. 5), что свидетельствует о максимальной интенсивности биологического круговорота, характерной для насаждения, находящегося в возрасте жердняка [13].

Максимум в их развитии, как и вообще динамика численности, совпадали с таковыми в насаждении лиственницы спелой. Возможно, в пределах одного биологического рода продолжительность роста и ход поглощения и оттока питательных веществ в почву одинаковы, и физиологические процессы в данном случае оказывают более сильное влияние на микроорганизмы, чем влажность почвы. Увеличение последней с 12 до 14,5 % не привело к возрастанию числа микробов.

Это подтверждает положение о том, что в бедных почвах динамика численности микроорганизмов в большей степени зависит от пищевого режима, чем от ее влажности [12].

В почвах под молодой лиственницей (табл. 6) в круговороте участвует несколько меньшее количество биомассы (табл. 6), чем в насаж-

Таблица 5

Микробная продуктивность в почве спелого насаждения лиственницы

Периоды	L	a	L-a	Максимум, млн. на 1 г почвы	Микробная масса в 10-см слое		Содержание в сухом веществе микробной массы, кг/га		
	сут				г на 1 г почвы	кг/га	N	P_2O_5	K_2O
1	2	1	1	11,07	$24,2 \cdot 10^{-6}$	24,2	0,58	0,14	0,01
2	5	1	4	8,61	$75,4 \cdot 10^{-6}$	75,4	1,81	0,45	0,33
3	5	2	3	8,61	$56,6 \cdot 10^{-6}$	56,6	1,35	0,34	0,25
4	3	2	1	13,13	$28,7 \cdot 10^{-6}$	28,7	0,69	0,17	0,13
5	4	1	3	13,13	$86,2 \cdot 10^{-6}$	86,2	2,06	0,52	0,38
1—5	19	7	12	—	—	271,1	6,49	1,62	1,19

Микробная продуктивность в почвах насаждения молодой лиственницы*

Периоды	L	a	L-a	Максимум, млн. на 1 г почвы	Микробная масса в 10 см слое		Содержание в сухом веществе микробной массы, кг/га		
	сут				г на 1 г почвы	кг/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	3	1	2	11,04	48,4·10 ⁻⁶	48,4	1,16	0,29	0,21
2	4	2	2	11,04	48,4·10 ⁻⁶	48,4	1,16	0,29	0,21
3	5	4	1	17,92	39,3·10 ⁻⁶	39,3	0,95	0,24	0,17
4	4	1	3	17,92	118,1·10 ⁻⁶	118,1	2,83	0,71	0,52
1—4	16	8	8	—	—	254,18	6,1	1,52	1,12

* Наблюдения за численностью микроорганизмов в данном насаждении начаты на 3 дня позже.

Таблица 7

Количественный и химический состав микробной биомассы в почвах лесных насаждений за вегетационный период 1977 г. (в 10-см слое почвы)

Насаждение	Биомасса (сухое вещество)		Содержание в биомассе на 1 м ³ запаса древесины, кг		
	т/га	кг на 1 м ³ запаса древе- сины	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дуб	21,1	64,0	7,7	1,9	1,4
Сосна с липой	17,1	39,7	4,7	1,2	0,9
Береза	22,4	160,0	19,2	4,8	3,5
Лиственница спелая	21,7	31,0	3,7	0,9	0,7
Лиственница молодая	20,3	246,0	80,4	20,1	14,7

дении лиственницы спелой, — 20,3 т сухого вещества (азота — 2,4 т, P₂O₅ — 0,6, K₂O — 0,4 т).

Расчет содержания микробной массы на 1 га и 1 м³ запаса стволовой древесины. Содержание микробной массы аммонификаторов, участвующей в биологическом круговороте изученных насаждений, составляет от 17 до 22 т/га. Наибольшее ее количество образуется в почве березового насаждения, наименьшее — в сосново-липовом.

Указанные различия в содержании микробной массы под разными насаждениями существенно возрастают при расчете ее на 1 м³ запаса стволовой древесины (табл. 7).

Наибольшее количество микробной массы на 1 м³ запаса стволовой древесины отмечается в почве молодой лиственницы. Это объясняется тем, что данное насаждение, находящееся в возрасте жердняка, характеризуется наиболее активным физиологическим состоянием. Корневые выделения молодых растений, служащие пищевым материалом для микроорганизмов, способствуют усиленному размножению последних.

На втором месте по этому показателю стоит почва березового насаждения, а затем — почва дубравы. Листовой опад более богат питательными веществами, чем хвойный, поэтому добавление лиственных пород к хвойным, как это имеет место в насаждении сосны с липой, положительно влияет на количество бактериальной массы, вовлекаемой в биологический круговорот.

Выводы

1. Микробная продуктивность в лесных насаждениях зависит от влажности почвы, ее температуры и пищевого режима. Причем влияние последнего фактора в условиях Лесной опытной дачи более существенно. Кроме того, на величину продуктивности влияет продолжительность активного размножения микробов.

2. Количество мертвой микробной массы было самым большим в насаждении молодой лиственницы (246 кг на 1 м³ запаса стволовой древесины), после нее по этому показателю следует насаждение березы (160 кг), являющейся самым жизнестойким лесообразователем в условиях Лесной опытной дачи. Дуб и сосна с липой вовлекают в биологический круговорот значительно меньше микробной массы (соответственно 64 и 40 кг на 1 м³ запаса стволовой древесины). Наименьшее ее количество участвует в круговороте спелого лиственничного насаждения (31 кг).

3. Отмечено влияние возраста насаждений на микробную продуктивность. Максимальное вовлечение биомассы в биологический круговорот наблюдалось в насаждении молодой лиственницы. К возрасту спелости количество биомассы, участвующей в круговороте, в расчете на 1 м³ запаса стволовой древесины значительно снижалось.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристовская Т. В. Теоретические аспекты проблемы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. — В сб.: *Вопр. численности, биомассы и продуктивности почв. микроорганизм.* Л., «Наука», 1972, с. 7—20. — 2. Ахромейко А. И. Роль корневых выделений в питании древесных пород. — *Агрехимия*, 1965, № 10, с. 82—93. — 3. Буткевич В. В. Стерилизация почвы. М., Сельхозгиз, 1950. — 4. Гаврилов К. А. Влияние различных лесных культур на почву. — *Лесное хозяйство*, 1950, № 3, с. 30—35. — 5. Звягинцев Д. Г. Адсорбция почвами микроорганизмов и ее влияние на их жизнедеятельность. — Автореф. докт. дис. МГУ, 1969. — 6. Колесников В. А. Строение и периоды роста корневой системы. — *Изв. ТСХА*, 1952, вып. 1, с. 97—111. — 7. Красильников Н. А. Бактериальная масса почв. — *Микробиология*, 1944, т. 13, вып. 4, с. 144—147. — 8. Красильников Н. А. Микрофлора почвы и высшие растения. М., Изд-во АН СССР, 1958. — 9. Кушниренко С. В., Тюлин А. Ф., Щербина К. Г. Минеральное питание дуба на темно-серых лесных почвах. — *Почвоведение*, 1953, № 3, с. 19—29. — 10. Мирчинк Т. Г. О методах учета количества и биомассы грибов в почвах. — В сб.: *Вопр. численности, био-*

массы и продуктивности почв. микроорганизм. Л., «Наука», 1972, с. 62—71. — 11. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. М., Изд-во АН СССР, 1956. — 12. Мишустин Е. Н. Микрофлора почв Северной и Средней части СССР, М., Изд-во АН СССР, 1966. — 13. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. Л., Сельхозгиз, 1950. — 14. Никитина З. И., Шарбарин Ю. Н. О методах определения продуктивности почвенных бактерий. — В сб.: *Вопр. численности, биомассы и продуктивности почв. микроорганизм.* Л., «Наука», 1972, с. 105—115. — 15. Рассел Э. Почвенные условия и рост растений. М., ИЛ, 1955. — 16. Самусенко В. Ф. Изменение лесорастительных свойств подзолистых почв под влиянием еловых и лиственных культур. — Автореф. канд. дис. 1959. — 17. Тимофеев В. П. Влияние состава лесонасаждений на влажность почвы. — Сб. памяти акад. В. Р. Вильямса, М., Изд-во АН СССР, 1942. — 18. Тимофеев В. П. Лесная опытная дача. ТСХА, 1971 и 1973. — 19. Худяков Я. П. Периодичность микробиологических процессов в почве и ее причины. — В сб.: *Вопр. численности, биомассы и продуктивности почв. микроорганизм.* Л., «Наука», 1972, с. 20—37. — 20. Strugger S. — *Canad. J. Research*, 1948, vol. 26, N 2, sect. C, p. 188—194.

Статья поступила 1 декабря 1978 г.

SUMMARY

The numbers of microorganisms and their biomass in the soils under various plantations at the Experimental Forest Station of the Timiryazev Academy were studied.

It has been shown that the structure of stand effects the size of microbial biomass. Calculating on 1 m³ of wood, deciduous species at the age of maturity involve in biological cycle during the growing period higher amount of biomass than do coniferous species. For soils under oak stand this value makes 64 kg, for those under pine tree and lime stand — about 40 kg, and for soils under larch — 31 kg.

In young stands the value of microbial productivity per 1 m³ of trunk wood supply increases substantially and makes 160 kg in soils under birch stand and 246 kg in those under young larch stand.