

20. Красная книга Республики Тыва. Растения и грибы. – Новосибирск: Наука, 2002. – 150 с.
21. Красная книга Республики Хакасия. Растения и грибы. – Новосибирск: Наука, 2002. – 264 с.
22. Писаренко О. Мхи центральной части Кузнецкого Алатау (юг Сибири) // *Arctoa*. – 2004. – Т. 13. – С. 241–260.
23. Платонов Г.М. Болота лесостепи Средней Сибири. – М.: Наука, 1964. – 116 с.
24. Потемкин А.Д., Софронова Е.В. Печеночники и антоцеротовые России. Т.1. – СПб.; Якутск: Бостон-Спектр, 2009. – 368 с.
25. Савич-Любицкая Л.И. Материалы для бриофлоры Саян // *Тр. Ботан. ин-та АН СССР*. – 1961. – Сер. V, Вып. 9. – С. 364–381.
26. Савич-Любицкая Л.И., Смирнова З.Н. Определитель сфагновых мхов СССР. – Л.: Наука, 1968. – 112 с.
27. Семенов Б.С. Сфагны Алтая. – Барнаул, 1921. – 43 с.
28. Храмов А.А. Классификация болотной растительности южной тайги Красноярского края // *Растительность правобережья Енисея*. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 327–336.
29. Kaalaas B. Einige Bryophyten aus dem südlichsten Sibirien und dem Urjankailande // *Detsch. Kgl. Norske Vidensk. Selsk. Skrifter*. – 1918. – № 2. – P. 5–11.



УДК 631.41

Г.А. Смирнов, Н.Д. Сорокин

СОПРЯЖЕННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ В ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Авторами представлены результаты изучения сопряженного развития комплексов гетеротрофных микроорганизмов филлосферы и ризосферы искусственных насаждений различных видов деревьев на территории Емельяновского лесхоза, расположенного на восточной окраине Кемчугской возвышенности.

Ключевые слова: Красноярская лесостепь, эколого-трофические группы, искусственные насаждения, динамика.

G.A.Smirnov, N. D. Sorokin

COMBINED DYNAMICS OF MICROORGANISM ECOLOGICAL-TROPHIC GROUPS NUMBER IN THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE ARTIFICIAL PLANTINGS

The results of studying the microorganisms heterotrophic complexes combined development in phyllosphere and rhizosphere of different trees type artificial plantings on the territory of Emelyanovskiy forestry enterprise located on the east suburb of Kemchugskiy upland are presented.

Key words: Krasnoyarsk forest-steppe, ecological-trophic groups, artificial plantings, dynamics.

Введение. Комплексы микроорганизмов, обитающих на поверхности наземных частей растений и корневых экосистем, выполняют важную функцию биоредукторов органических соединений. Образующие ими простые минеральные соединения ассимилируются растениями, обеспечивая их рост, развитие и продуктивность фитоценоза. Помимо функции биоредукторов, микроорганизмы филлосферы и ризосферы являются фиксаторами атмосферного азота, необходимого для роста высших растений. Кроме того, комплексы микроорганизмов являются индикаторами состояния растения.

Цель исследований. Изучение сопряженного развития комплексов гетеротрофных микроорганизмов филлосферы и ризосферы искусственных насаждений различных видов деревьев.

Задачи исследований:

1. Изучение структуры микробных сообществ филлосферы и ризосферы на различных видах деревьев (кедр, лиственница, сосна, осина, береза, ель).
2. Выявление различий (или отсутствия таковых) в сравнении с комплексами микроорганизмов залежной почвы (контроля), исходной для данных искусственных лесопосадок.
3. Сравнение микрофлоры филлосферы и ризосферы различных видов древесных насаждений.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на многолетнем опыте с шестью основными лесообразующими видами деревьев Сибири, заложенном в 1968–1972 гг. лабораторией лесного почвоведения Института леса и древесины им. В.Н.Сукачева СО РАН под руководством проф. Н.В.Орловского на территории Емельяновского лесхоза, расположенного на восточной окраине Кемчугской возвышенности [1]. Возраст деревьев, на которых собирались образцы, на момент проведения опыта составлял 35–37 лет. Все виды находились в одинаковых экологических условиях, что дало возможность оценить их индивидуальное влияние на почвенно-микробиологические процессы.

Объектом исследования являлась микрофлора здоровой (неинфицированной) хвои следующих видов древесных насаждений, произрастающих в условиях опыта:

1. Ель сибирская (*Picea obovata*).
2. Сосна кедровая (*Pinus sibirica*).
3. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*).
4. Лиственница сибирская (*Larix sibirica*).
5. Береза обыкновенная (*Betula pendula*).
6. Осина обыкновенная (*Populus tremula*).

В лабораторных условиях была изучена эпифитная микрофлора исследуемых образцов. Для ее анализа бралась навеска в 1 грамм хвои, с которой проводился смыв в 100 мл воды. Для выявления грибов были произведены посеы методом Коха (0,1 мл) на плотную среду Чапека. Для роста бактерий использовался картофельный агар (КА), для актиномицетов – крахмало-аммиачный агар (КАА), для олигонитрофилов – среда Эшби.

Анализ микрофлоры ризосферы проводился по методике Е.З. Теппер (1972), адаптированной для древесных растений. Корневая система дерева обнажалась на глубине 10–15 см, и стерильными приборами извлекалась ризосферная почва (вместе с корешками 3–4-го порядка), которая закладывалась в стерильные бюксы. Навеску ризосферной почвы в 1 г помещали в колбу со 100 мл стерильной воды. Затем делали посев из разведения 1/10000. Для роста бактерий использовался мясо-пептонный агар (МПА) вместо КА для эпифитов [2].

Выросшие микроорганизмы микроскопировались при увеличении $\times 1350$. Производился количественный учет колоний мицелиальных грибов, споровых и неспоровых форм бактерий, дрожжей и актиномицетов. С помощью метода Грезерсона определялась грам-принадлежность бактерий.

Результаты и обсуждение. Исследования количественного состава микрофлоры в ризосфере искусственных насаждений проводились путем определения суммарной численности (СЧМ) микроорганизмов. Учет проводился на четырех диагностических средах в течение вегетационного периода с ежемесячным (июнь-сентябрь) высевом.

Таблица 1

Суммарная численность микроорганизмов ризосферы под различными видами деревьев в течение вегетационного сезона (тыс. КОЕ/г воздушно-сухой почвы)

Вид	Июнь	Июль	Сентябрь
Сосна	5859,3 *	2447,6	1942,7
Береза	19797,7 *	1740,9	4046,0
Ель	1986,1	2485,3	1875,9
Лиственница	20855,5	1174,7	1009,0
Кедр	17737,2	4632,3	3950,2
Осина	3847,2	4084,1	6604,8
Контроль	17438,4	2802,5	5037,2

* – присутствовали артефактные значения численности (газон), которые не учитывались.

Практически во всех образцах максимальная СЧМ в ризосфере наблюдалась в начале вегетационного сезона. Большое количество КОЕ в июне может быть обусловлено поздним сходом снежного покрова, началом активной фазы вегетации деревьев, ростом корней и размножением микроорганизмов ризосферы. В связи с этим возможно, что артефактные значения численности были показателем данной фазы. Исключением стала микрофлора ели и осины, у которых СЧМ в течение сезона изменялась слабо.

Залежная луговая почва (контроль), в отличие от ризосферной почвы древостоев, при одинаковых температурных условиях имела более высокую влажность (до 40%), но в целом близкую с ризосферой суммарную численность микроорганизмов.

Таблица 2

Средняя численность микроорганизмов филлосферы и ризосферы под различными видами деревьев на разных питательных средах (тыс. КОЕ/г воздушно-сухой почвы)

Вид	МПА/КА	Э	Ч	КАА	КАА/МПА	Эш-би/МПА
Сосна (р)* (ф)**	328,8+79,0 171,1+58,3	561,1+ 219,4 146,7+31,5	1870,0+1347,3 142,2+40,7	766,2+369,3 75,6+33,6	2,83	1,94
Береза	510,8+178,6 184,4+54,1	3517,9+1044,8 737,8+300,1	1034,6+511,1 200,0+46,2	3635,2+2268,6 284,4+198,9	1,89	2,78
Ель	648,3+431,8 200,0+60,4	958,8+233,3 1502,2+645,7	288,9+99,6 313,3+119,2	329,7+126,8 128,9+52,4	-	3,48
Лиственница	162,5+109,2 102,2+41,0	432,4+217,2 415,6+242,1	2372,6+1267,7 1775,6+806,8	4712,2+2632,8 1640,0+565,6	3,73	2,4
Кедр	3291,9+ 2394,1 262,2+104,5	3827,6+1154,2 237,8+178,1	840,9+543,4 289,9+192,0	812,8+251,7 180,0+71,8	0,26	0,58
Осина	1035,6+269,9 828,9+171,2	1570,5+506,2 862,2+397,4	1148,8+431,3 502,2+118,6	1090,4+287,9 702,2+311,5	1,31	1,07
Контроль	2017,4+607,5	782,9+376,7	1421,1+518,5	4204,7+1839,9	0,96	0,71

Примечание. * р – ризосфера; ** ф – филлосфера.

Отношения КАА/МПА и Эшби/МПА используются только для анализа ризосферы.

При анализе численности ризосферных микроорганизмов на диагностических средах установлено, что развитие аммонифицирующих бактерий (рост на МПА) выявляется в контроле под кедром и осинкой. Показатели численности микроорганизмов, использующих минеральные источники азота (рост на КАА), имеют наибольшее значение в контроле под лиственницей, березой и осинкой. Максимальные коэффициенты микробиологической минерализации (КАА/МПА) регистрируются под сосной, осинкой и березой. Эти значения численности и коэффициентов минерализации свидетельствуют о сбалансированности процессов синтеза-ресинтеза под этими видами древесных насаждений. Максимальные количества олигонитрофильных бактерий определяются под березой, кедром и осинкой, а коэффициенты олиготрофности (Эшби/МПА) имеют наибольшие значения под лиственницей, березой и елью, что является свидетельством недостатка элементов питания под этими видами деревьев [3].

Таблица 3

Суммарная численность микроорганизмов филлосферы под различными видами деревьев в течение вегетационного сезона (тыс. КОЕ/г воздушно-сухой почвы)

Вид	Июнь	Июль	Сентябрь
Сосна	780,0	293,3	533,3
Береза	2140,0	993,3	1086,7
Ель	4673,3	1160,0	600,0
Лиственница	10613,3	573,3	613,3
Кедр	266,7	2080,0	560,0
Осина	3153,3	3280,0	2253,3

СЧМ филлосферы в течение вегетационного периода имеет максимальные величины на листовой пластине осины, ели и березы. Минимальные значения численности регистрируются на хвое сосны, лиственницы и кедра. При этом динамика численности микроорганизмов филлосферы осины по месяцам вегетационного периода практически не меняется, лишь с незначительным уменьшением к концу вегетации. На хвойных древостоях отмечены существенные колебания численности микроорганизмов по месяцам вегетационного периода. Поскольку исследуемые древесные насаждения находятся в одинаковых экологических условиях, выраженные колебания численности микроорганизмов филлосферы хвойных можно связать с изменением фитонцидной активности фенофазы вегетации деревьев и с биологическими особенностями вида.

При сравнительном анализе СЧМ ризосферы и филлосферы различных видов деревьев проявились следующие тенденции: абрисы динамики численности совпадают для сосны, березы, лиственницы и, в некоторой степени, для осины – с максимальным уровнем численности в июне, уменьшением её в июле и увеличением в сентябре. Для кедра и ели выявляется противоположная тенденция динамики численности в указанные сроки вегетационного периода. Для микроорганизмов ризосферы у ели максимум СЧМ обнаруживается в июле, когда численность филлосферы имеет минимальное значение. Аналогичная тенденция отмечена для кедра – с минимумом численности ризосферной микрофлоры в июле и максимумом микроорганизмов филлосферы в этом период. Очевидно, динамика численности различных местообитаний микроорганизмов на дереве определяется не только абиотическими и биотическими факторами влияния, но и биологической особенностью дерева. Это подтверждается тем, что кедр и сосна – разные виды одного и того же рода – резко отличаются по динамике численности и соотношению групп микроорганизмов.

Выводы

1. В структуре микробных сообществ ризосферы преобладают микроорганизмы-копиотрофы, утилизирующие минеральные источники азота, под сосной, лиственницей, березой и осинкой. Микроорганизмы, использующие органический азот, доминируют под кедром, елью и в контроле. Под этими же видами деревьев отмечена аналогичная тенденция развития олигонитрофильных бактерий. В комплексах эпифитных микроорганизмов копиотрофы наиболее выражены в филлосфере лиственницы и осины, органотрофы – на осине, олигонитрофилы – на осине, ели и березе.

2. В динамике численности микроорганизмов контрольной почвы и ризосферной фракции различных видов деревьев отмечены одинаковые тенденции по срокам вегетации при общем, более высоком, уровне численности всех групп микроорганизмов в контрольной почве в течение вегетационного периода. Незначительный ризосферный эффект проявляется только для отдельных групп микроорганизмов (микроскопические грибы, олигонитрофилы) под сосной, лиственницей, осинкой, кедром и березой соответственно.

3. Абрисы динамики численности микроорганизмов филлосферы и ризосферы совпадают для сосны, березы и лиственницы с максимальным уровнем численности в июне, уменьшением её в июле и увеличением в сентябре. Для кедра и ели выявляется противоположная тенденция динамики численности в указанные сроки.

Литература

1. Моделирование развития искусственных лесных биогеоценозов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 152 с.
2. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
3. Микроорганизмы как объект лесного мониторинга. – Красноярск: Изд-во ИЛИД, 1986. – С. 80–84.

