

УДК 579.266

Е.Н. Афанасова

СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РИЗОСФЕРЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

В статье представлены результаты изучения структуры микробных комплексов в ризосфере разновозрастных древостоев.

При изучении динамики структуры микробных комплексов выявлено увеличение суммарной численности микроорганизмов с увеличением возраста древостоев. Показано, что максимальный ризосферный эффект у молодых сосняков связан с активизацией развития микробных комплексов корневыми выделениями.

Ключевые слова: *сосновые древостои, микрофлора, ризосферный эффект, метаболический эффект.*

E.N. Afanasova

STRUCTURAL AND DYNAMIC PECULIARRITIES OF THE MICROBIC COMPLEXES IN THE MULTIPLE-AGED PINE FOREST STAND RHIZOSPHERE

The results of studying the microbic complex structure in the multiple-aged forest stand rhizosphere are given in the article.

When studying the microbic complex structure dynamics the increase in total number of microorganisms with increase of the forest stand age is revealed. It is shown that maximum rhizosphere effect in the young pine forests is connected with the microbic complex development activation by root secretions.

Key words: *pine forest stands, microflora, rhizosphere effect, metabolic effect.*

Известно, что в лесных биогеоценозах мощным фактором, определяющим состав микрофлоры, ее динамику и функциональную деятельность, служит фитоценоз. Эдификаторная роль древостоев в фитоценозе проявляется в формировании своеобразного микробного населения почв. Это своеобразие в наибольшей степени выражено в корневой зоне. Видовые особенности растений накладывают определенный отпечаток на количественный и качественный состав микрофлоры почв, растения оказывают воздействие на микрофлору путем корневых выделений, а после гибели – посредством корневых остатков и надземного опада (Сорокин, 1977, 1978, 1981, 1987; Теппер, 1972; Худякова, 1972; Badia, 2003).

Целью исследований являлось изучение динамики структуры микробных комплексов в ризосфере сосновых древостоев разного возраста.

Объекты и методы. Структурно-динамические особенности микробоценозов ризосферы, их эколого-физиологический статус, наряду с морфологическими параметрами дерева, являются индикаторами состояния разновозрастных древостоев.

В лесных биогеоценозах Красноярского Приангарья эдификаторная роль принадлежит сосновым древостоям. В связи с этим несомненный интерес представляло изучение микробных ассоциаций корневых систем сосны. Был проведен сравнительный анализ корневой и ризосферной микрофлоры на обычно применяемых микробиологических средах (МПА, КАА, СА), а также на агаризованном экстракте корней сосны. Изучали микроорганизмы корнеобитаемой зоны сосны 20-, 60-, 70- и 100-летнего возраста. Ризосферную микрофлору анализировали по Е.З. Теппер [1972] с незначительными видоизменениями. Анализ корневой микрофлоры проводили методом стерильного отбора корневых выделений сосны в естественных условиях произрастания (Прокушин и др., 1977). Отбор образцов для микробиологического анализа был приурочен к фенологическим фазам развития сосны (Елагин, 1961).

Результаты исследования. Результаты исследований показали, что корневая система сосны значительно обильнее населена микроорганизмами, чем почва, удаленная от корней. Ризосферный эффект проявляется при учете различных групп микроорганизмов (рис. 1). Общая численность микроорганизмов в ризосферной зоне возрастает при увеличении возраста древостоев, хотя соотношение микроорганизмов ризосферы и почвы заметно уменьшается (табл. 1). Продукты корневого экзоосмоса у молодых сосняков являются сильными стимуляторами размножения корнеобитающих микроорганизмов по сравнению с почвенными. В связи с этим здесь наблюдается максимальный ризосферный эффект. Длительное действие корневых выделений у взрослых древостоев способствует развитию как ризосферной микрофлоры, так и микрофлоры почв. В итоге величина ризосферного эффекта становится минимальной. Возрастание абсолютных величин численности микроорганизмов ризосферы и почв с увеличением возраста имеет большое общебиологическое значение, поскольку биохимическая активность микроорганизмов при прочих одинаковых условиях определяется их численностью, повышение которой обеспечивает соответствующий уровень корневого питания взрослых сосняков.

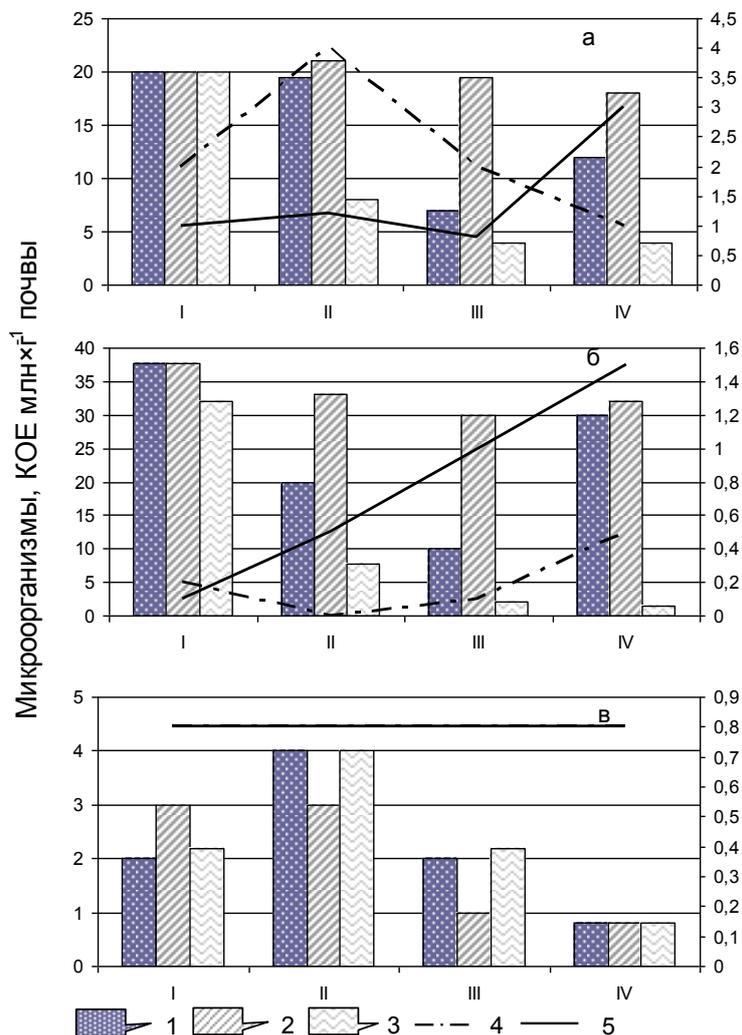


Рис. 1. Динамика численности микроорганизмов ризосферы (а), корней (б) и почвы (в):
 1 – бактерии на МПА; 2 – бактерии на КАА; 3 – олигонитрофилы; 4 – споровые бактерии;
 5 – нитрификаторы. Здесь и далее каждая точка фенофазы обозначает среднее 7–10 повторностей

Численность корнеобитающих микроорганизмов в сосняках разного возраста, тыс. КОЕ г⁻¹ почвы (n=28) *

Тип фитоценоза и возраст древостоя	Число микроорганизмов			
	в ризосфере	в почве	соотношение	на корнях*
Сосняк рододендрово-брусничный, 20 лет ...	26800 10090 – 40140	580 274 – 916	46,2	25880 11504 – 44200
Сосняк бруснично-зеленомошный, 60 лет ...	36920 14560 – 60544	1560 711 – 2124	23,9	12120 5105 – 27110
Сосняк бруснично-разнотравный, 80 лет ...	41200 20146 – 72177	2060 1030 – 3811	19,4	21600 11370 – 54315
Сосняк разнотравный, более 100 лет ...	52250 36600 – 70040	3100 911 – 5400	16,1	5650 1570 – 9304

* численность микроорганизмов на агаризованном экстракте корней сосны в расчете на 1 мл смывных вод; ** над чертой средний показатель, под чертой пределы колебаний.

Численность микроорганизмов, находящаяся в непосредственном контакте с корнями, достоверно снижается с увеличением возраста сосны. Очевидно, микрофлора, развивающаяся на поверхности корней, находится в большей зависимости от биологического состояния растений. С увеличением возраста сосны, с одной стороны, уменьшается количество корневых выделений – основного источника питания корневой микрофлоры, с другой – растет конкурентная способность ризосферных микроорганизмов.

Нами установлено, что численность корнеобитающих микроорганизмов изменяется по фазам роста и развития сосны. Особенно заметны эти изменения в составе корневой микрофлоры. Периоды максимальной численности микроорганизмов совпадают с периодами активного роста корней (I и IV фенофазы).

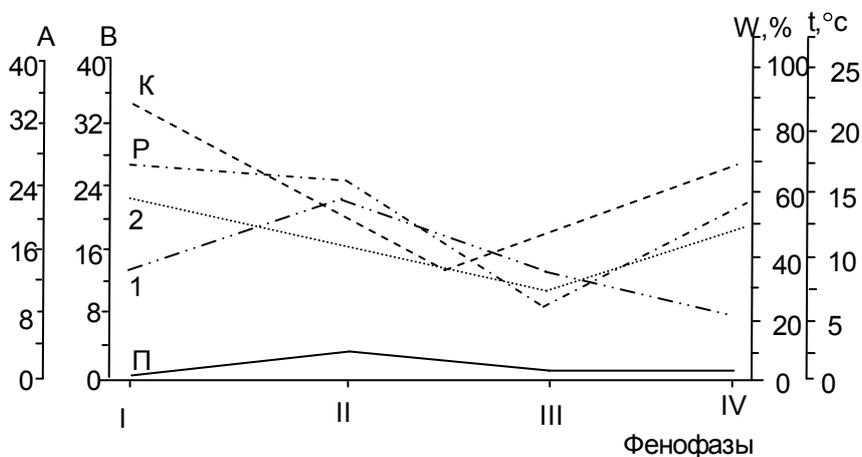


Рис. 2. Динамика численности почвенной (П), ризосферной (Р) и корневой (К) микрофлоры по фенофазам вегетации сосны (n=28); 1 – температура почвы; 2 – влажность; А, В – шкалы численности микроорганизмов

Фенологические максимумы и минимумы численности ризосферной микрофлоры выражены менее резко, чем корневой, и в целом количество микроорганизмов при переходе от поверхности корня к периферии существенно снижается.

Во II фенофазу, в период роста древостоев в высоту и снижения активности корневых систем, определяющее влияние на размножение микроорганизмов оказывает гидротермический режим почв. Данная фенофаза характеризуется максимальными показателями температуры почвы (12–15°C) и воздуха (30–40°C), достаточно высокой влажностью (30–35 об.%). Благодаря создающимся в почве гидротермическим условиям уро-

вень численности корнеобитающих микроорганизмов остается довольно высоким. Интенсивный рост и формирование фитомассы древостоев в III фенофазу приводят к иссушению верхнего слоя почв вследствие активной транспирации влаги растениями, повышается кислотность почв за счет поступления опада хвойных видов насаждений. Снижается функциональная активность корней. В целом создаются условия, не благоприятные для развития микроорганизмов, в том числе для корнеобитающих. В IV фенофазу с увеличением осенней активности корней и с поступлением в почву отмерших корешков растений, богатых питательными веществами, численность микроорганизмов вновь возрастает. В сезоны с близкими погодными условиями (2007–2008 гг.) средние количества микроорганизмов в корнеобитаемой зоне сосны отличаются очень мало. Достоверность различий по фенологическим фазам составляет соответственно: в I фенофазу – 1,5; во II – 1,3; в III – 1,2; в IV фенофазу – 1,5 относительно среднего уровня. В контрольной почве, удаленной от корней сосны, различия в численности микроорганизмов по тем же фенологическим фазам могут быть существенны (табл. 2). Следовательно, благодаря способности вегетирующей сосны в какой-то мере стабилизировать физико-химические условия в зоне корней, корнеобитающие микроорганизмы в меньшей степени подвергаются влиянию неблагоприятных воздействий внешней среды по сравнению с почвенными (Сорокин, 1987, 1990).

Сезонные колебания численности микроорганизмов по фенологическим фазам роста и развития сосны сопровождаются изменениями качественного состава микрофлоры (табл. 3). В I и IV фенофазы среди ризосферных микроорганизмов доминируют сапрофитные бактерии, растущие преимущественно на органических источниках азота. Наиболее типичным представителем в этот период является *Pseudomonas herbicola*. Во II и III фенофазу в больших количествах регистрируются флюоресцирующие бактерии *Ps. fluorescens*. В микробных ассоциациях корневых систем сосны повышается удельный вес микобактерий, которые в почвах встречаются очень редко. Микобактерии наиболее активны в I и IV фенофазу, когда в прилегающей к корням почве имеется много доступного для разложения органического вещества. Численность бацилл заметно возрастает во II и III фенофазах. В качественном составе их доминирует *Bacillus mycoides*. Максимальное количество микроскопических грибов выявляется в I и IV фенофазу, что соответствует периодам повышенной увлажненности почв. В начале вегетации среди грибов преобладают *Penicillium*, *Mucor*, *Trichoderma*. Во II фазу доминируют представители рода *Dematium* и *Penicillium*. Состав грибов в III фенофазу представлен наиболее бедно.

Таблица 2

Достоверность различия (t) в суммарной численности микроорганизмов по фенофазам вегетации сосны

I фенофаза	t	II фенофаза	t	III фенофаза	t	VI фенофаза	t
<i>Число микроорганизмов в ризосфере, млн КОЕ×г⁻¹ почвы</i>							
$\frac{23,5}{29,7}$	1,2	$\frac{24,3}{20,6}$	1,6	$\frac{10,0}{14,4}$	1,8	$\frac{8,8}{7,6}$	1,4
<i>Число микроорганизмов на корнях, млн КОЕ × 10⁻¹ мл взвеси</i>							
$\frac{35,6}{30,4}$	1,5	$\frac{22,0}{18,6}$	1,3	$\frac{14,0}{17,4}$	1,2	$\frac{28,1}{24,4}$	1,5
<i>Число микроорганизмов в почве (контроль), млн КОЕ×г⁻¹ почвы</i>							
$\frac{0,32}{0,66}$	4,4	$\frac{3,8}{2,1}$	3,6	$\frac{1,1}{1,9}$	1,7	$\frac{1,7}{2,2}$	3,2

Примечание. В числителе – число микроорганизмов в 2007 г., в знаменателе – в 2008 г.

Качественный состав микрофлоры, контактирующей с корнями сосны, непосредственно уступает по разнообразию видов ризосферной. Здесь в большей степени проявляется селекционирующее действие корневых выделений. По нашим многолетним данным, в составе микробных популяций в данном случае на протяжении всего периода вегетации господствуют практически одни и те же виды: *Ps. herbicola*, *Ps. fluorescens*, *Ps. denitrificans*, *Ps. radiobacter*, *Bac. agili*, *Bac. cereus*, *Bac. mycoides*, *Bac. mucilaginosus*, *Mycobacterium globiforme*, *Aspergillus flavae*.

Динамика качественного состава микрофлоры контрольной почвы по фенофазам роста и развития сосны не отличается от ризосферной. В весенний и ранневесенний периоды (I и IV фенофаза) доминируют те же виды микроорганизмов, что в корневой зоне. Однако к ним добавляются такие неспоровые формы, как *Ps. desmolyticum*, *Ps. denitrificans*, *Bact. agili*, *Bact. hartlebi mucilaginosus*, и спороносные – *Bac. cereus*, *Bac.*

mucilaginosus. В целом качественный состав микроорганизмов в образцах контрольной почвы более разнообразен по сравнению с ризосферой.

Таблица 3

Динамика качественного состава ризосферной микрофлоры в течение вегетационного периода

Фенофаза вегетации	Бактерии на МПА				Бактерии на КАА		Грибы на СА
	<i>Ps. Fluorescens</i>	<i>Ps. herbicola</i>	<i>Mycobacterium</i>	<i>Bac. mycoides</i>	<i>Ps. herbicola</i>	<i>Mycobacterium</i>	
I	54	52	67	52	68	49	<i>Mucor</i> – 81, <i>Penicillium</i> – 59
II	76	79	53	64	50	52	<i>Dematium</i> - 54, <i>Trichoderma</i> – 49, <i>Penicillium</i> – 61
III	84	-	-	56	52	46	<i>Clasosporium</i> – 24, <i>Penicillium</i> – 86
IV	51	61	69	-	46	-	<i>Penicillium</i> – 94, <i>Mucor</i> – 49, <i>Fusarium</i> – 37, <i>Aspergillus</i> – 45

В сосняках Приангарья в периоды высокой численности микроорганизмов в корневой зоне резко возрастает их метаболическая активность. В прилегающей к корням почве в это время наиболее интенсивно идут процессы минерализации. Величина коэффициентов минерализации (КАА/МПА) в ризосфере всегда превышает 1 в отличие от почвы вне сферы действия корней. Рост физиологической активности микроорганизмов сопровождается выделением ими различных продуктов клеточного метаболизма.

Микроорганизмы корневой зоны, как известно, продуцируют не только аминокислоты, но и другие химические соединения (в том числе стимуляторы роста), на которые реагируют растения. Взаимодействие растений и микроорганизмов на границе корнеобитаемой зоны сосны приводит к созданию в прилегающей почве специфических экологических условий. Согласно данным С.А. Самцевича (1966), в процессе роста корней непрерывно образуется бесцветное гелеобразное вещество. При обогащении полисахаридов этих выделений азотом микробной цитоплазмы и последующем воздействии на них окружающих физико-химических факторов происходит образование перегнойных веществ в зоне корней (Anderson, 1990; Andren et al., 1996; Brown, 1972; Buchmann, 2001).

Выводы

1. Суммарная численность микроорганизмов (на диагностических средах) в ризосферной зоне возрастает с увеличением возраста древостоев, но при этом ризосферный эффект снижается.
2. Максимальный ризосферный эффект у молодых сосняков связан с активизацией развития микробных комплексов корневыми выделениями.
3. Численность микроорганизмов на поверхности корней с возрастом деревьев уменьшается и определяется физиологическим состоянием растений.
4. Максимумы численности и качественного разнообразия ризосферных микроорганизмов регистрируются в I и IV фенофазах и связаны динамикой роста активных корней в этот период.

Литература

1. Елагин И.Н. Методика определения фенологических фаз у хвойных // Ботан. журн. – 1961. – №7. – С.982–984.
2. Прокушкин, С.Г., Щек В.Н., Дегерменден Н.Н. Влияние ионов алюминия и железа на содержание азотистых веществ в корнях сосны // Физиолого-биохимические механизмы роста хвойных. – Новосибирск, 1977. – С.83–89.
3. Самцевич С.А. Микрофлора южного чернозема под лесными насаждениями и в степи // Микрофлора почв северной и средней части СССР. – М.: Наука, 1966. – С.186–215.

4. Сорокин Н.Д. Микрофлора и биологическая активность почв // Леса Среднего Приангарья. – Новосибирск: Наука, 1977. – С.67–97.
5. Сорокин Н.Д. Применение показателей биологической активности почвы при оценке лесохозяйственных мероприятий // Лесоведение. – 1978. – №4. – С.11–15.
6. Сорокин Н.Д. Микрофлора таежных почв Средней Сибири. – Новосибирск: Наука, 1981. – 144 с.
7. Сорокин Н.Д. Структурно-динамические особенности развития микрофлоры в почвах сосновых лесов средней Сибири // Почвы сосновых лесов Сибири. – Красноярск, 1987. – С.50–57.
8. Сорокин Н.Д., Горбачев В.Н. Микробиологическая диагностика лесных почв юга Средней Сибири // Изв. СО АН СССР. – 1990. – Вып. 3. – С.137–140.
9. Теплер Е.З. Изучение бактерий корневой зоны растений ина корнях // Практикум по микробиологии. – М.: Высш. шк., 1972. – 198с.
10. Худякова Я.П. Современные методы исследования почвенной и ризосферной микрофлоры // Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов – Л.: Наука, 1972. – С.20–37.
11. Anderson T.H., Domsch K.H. Application of eco-physiological quotient (qCO₂, qD) in microbial biomass from soils of different cropping his tomes // Soil Biology and Biochemistry. – 1990. – 22. – P.251–255.
12. Andren V., Forteza J., Cerni R. Postfire effects on soil properties and nutrient losses // International Journal of Wildland Fire. – 1996. – 6(2). – P. 53–58.
13. Badia D., Marti C. Plant ash and heat intensity on chemical and physical properties of two contrasting soils // Arid. Land Res. Management. – 2003. – №17. – P.23–41.
14. Brown M.E. Plant growth substencea produced by microorganisms of soil rhisosphere // I.Applied Bacteriology. – 1972. – V.35. – P.443–451.
15. Buchmann N. Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in Picea abies stands // Soil Biology and Biochemistry. – 2001. – №32. – P.1625–1635.



УДК [597.8+591.5]:502.5

Д.В. Ибрагимова, В.П. Стариков

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ОСТРОМОРДОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA ARVALIS*) в городе СУРГУТЕ

В статье исследуются биотопическое распределение, численность остромордой лягушки и факторы ее определяющие.

Ключевые слова: лягушка остромордая, численность, особенность распределения, динамика.

D.V. Ibragimova, V.P. Starikov

DISTRIBUTION PECULIARITIES AND DYNAMICS OF THE MOOR FROG (*RANA ARVALIS*) NUMBER IN SURGUT CITY

Habitat distribution, moor frog number and the factors that determine it are researched in the article.

Key words: moor frog, number, distribution peculiarity, dynamics.

Введение. Процесс урбанизации приводит к резкому сокращению площадей городских местообитаний амфибий. Территориальная изоляция – причина роста гомозиготности как одной из потенциальных причин, увеличивающих риск вымирания [1].

Амфибии – самый малочисленный класс позвоночных животных, тем не менее, являясь консументами I, II и III порядков, выполняют связующую роль между трофическими звеньями водных и наземных экосистем [2]. В связи с этим, важность и необходимость исследований экологических особенностей земноводных в градиенте урбанизации в настоящее время трудно переоценить.

Цель: установить неоднородность распределения и динамику численности остромордой лягушки в городе Сургуте.