



УДК 581.524

Е.Н. Афанасова, Н.Д. Сорокин

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ НА МИКРОБНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РИЗОСФЕРЫ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Авторами статьи при изучении количественного и качественного состава микробных комплексов, их биологической активности в ризосфере и на корнях разных лесообразующих видов Сибири выявлено, что ризосферный эффект в наибольшей степени выражен у сосны и ели, в наименьшей степени у березы; качественный состав микробных комплексов, развивающихся в ризосфере и на корнях, у разных видов деревьев близок; почва ризосферы отличается высокой биологической и ферментативной активностью.

Ключевые слова: *древесные виды, ризосфера, корневая зона, микробные комплексы, биологическая и ферментативная активность.*

E.N. Afanasova, N.D. Sorokin

VARIOUS WOODY SPECIES INFLUENCE ON THE RHIZOSPHERE MICROBIC COMPLEXES AND THEIR BIOLOGICAL ACTIVITY

In the process of studying the quantitative and qualitative structure of the microbic complexes, their biological activity in a rhizosphere and on the roots of various Siberian forest forming species it is revealed by the authors of the article that rhizosphere effect is shown for pine and fir tree to a greater degree and for birch to a less degree; qualitative composition of the microbic complexes, which are being developed in a rhizosphere and on the roots of various tree species is similar; rhizosphere soil differs by high biological and fermentative activity.

Key words: *woody species, rhizosphere, root zone, microbic complexes, biological and fermentative activity.*

Корневые системы древесных растений играют значительную селекционную роль в развитии микробных популяций. По этому вопросу высказываются две точки зрения на природу специфичности микрофлоры ризосферы. Одна точка зрения сводится к следующему. Так как виды растений различны, то и корневые выделения их должны быть различными и специфичными для каждого вида. Согласно другой точке зрения, специфичной является только эндофитная микрофлора, тесными узами связанная с растениями: микробы-паразиты и симбионты. Специфичность эндофитных микроорганизмов не вызывает сомнения, так как они приспособились к действию внутренних специфических факторов иммунитета растений. Мы считаем, что нельзя придавать решающего значения в отборе микрофлоры только корневым выделениям, так как от изменения источников питания вид микроорганизма не изменяется. Но при этом необходимо учитывать, что может значительно меняться соотношение доминантов и содоминантов [Сорокин, 1981, 1990].

При увеличении численности микроорганизмов ризосферы и росте качественного разнообразия видов следует ожидать повышения биологической активности в прикорневой зоне.

Так или иначе, вопрос о специфичности ризосферных микроорганизмов имеет важное значение при микробиологической диагностике лесных почв: в какой степени качественный и количественный состав, структура и динамика микробных комплексов корней отличается от таковых в почве, насколько существенны различия в микрофлоре корней разных древесных видов. При оценке деятельности корнеобитаемых микроорганизмов выделяются три основные сферы их развития: ризосферная, прикорневая и корневая. Имеющиеся в литературе данные касаются в основном характеристики ризосферной и прикорневой микрофлоры и лишь в слабой степени – корневой, находящейся в непосредственном контакте с корнями.

Цель работы. Исследование количественного и качественного состава микробных комплексов, их биологической активности в ризосфере и на корнях разных лесообразующих видов Сибири.

Объекты и методы исследований. Поскольку возраст древостоя оказывает существенное влияние на количественное соотношение микроорганизмов корнеобитаемой зоны, изучение микробоценозов в зоне корней проводили у одновозрастных деревьев разных видов.

Исследования микрофлоры и ферментативной активности проводились в сосняке бруснично-зеленомошном, ельнике бруснично-зеленомошном и березняке зеленомошном, возраст деревьев в пределах 90–100 лет. Древостои принадлежат к IV классу бонитета и имеют в своем составе примеси соответственно ели и березы – в сосняке, сосны и березы – в ельнике, сосны и ели – в березняке. Почвенный фон, несмотря на разные типы леса, представлен серыми лесными почвами.

За основу стационарных и лабораторных исследований микрофлоры и биологической активности почв взято руководство (Методы ..., 1977), а также общепринятые методики [Егоров, 1976; Звягинцев, 1991; Schiner et al., 1996].

Анализ микрофлоры ризосферы проводили по методике, рекомендованной Е.З. Теппер (1972), но адаптированной для древесных насаждений. Исследовали ферментативную активность протеазы, уреазы, каталазы и инвертазы в ризосферной почве и почве, удаленной от корней сосны по методикам Ф.Х. Хазиева (1976, 2005).

Для установления видового состава бактерий и актиномицетов применяли определители Н.А. Красильникова (1949), Verge (1994). Идентификацию микроскопических грибов проводили по определителям [Thom, 1956; Литвинов, 1969; Добровольская и др., 1989].

Результаты исследований. Установлено, что в корневых зонах сосны, ели и березы четко проявляется ризосферный эффект (табл. 1). Причем соотношение R/S у сосны и ели колеблется в пределах 18,6–20,4, а у березы снижается до 10,5, несмотря на то, что численность ризосферных микроорганизмов у березы в 2–3 раза выше, чем у сосны и ели. Это связано с тем, что вместе с ростом числа микробных клеток на корнях увеличивается обсемененность контрольной почвы в березняках из-за более благоприятных трофических условий в листовых древостоях. В количестве прикорневых микроорганизмов у исследуемых видов насаждений достоверных различий нет.

Таблица 1

Содержание микроорганизмов в ризосфере и на корнях сосны, ели и березы, тыс. КОЕ×г⁻¹ сухой почвы (среднее за вегетационный период)

| Место взятия образца | Бактерии на МПА | Бактерии на КАА | Грибы на СА | Суммарное | Актиномицеты | Олигонитрофилы | Споровые | R/S |
|----------------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------|--------------|----------------|----------|------|
| Ризосфера сосны | 33993 | 42011 | 16 | 34038 | 29 | 17850 | 938 | |
| Корни сосны | 5104 | 3055 | - | 5104 | - | 411 | 27 | 18,6 |
| Почва | 1769 | 2057 | 34 | 1830 | 27 | 4190 | 161 | |
| Ризосфера ели | 21783 | 26054 | 34 | 21828 | 11 | 18980 | 504 | |
| Корни ели | 4806 | 3930 | - | 4806 | - | 306 | 10 | 20,4 |
| Почва | 999 | 1137 | 57 | 1070 | 14 | 5311 | 176 | |
| Ризосфера березы | 56618 | 6010 | 64 | 56700 | 18 | 11370 | 1076 | |
| Корни березы | 5313 | 3111 | - | 5317 | 4 | 184 | 14 | 10,5 |
| Почва | 5350 | 5672 | 41 | 5430 | 39 | 8130 | 204 | |

Примечание. КОЕ микроорганизмов, изолированных с корней, рассчитывали на грамм корней.

Качественный состав ризосферных микроорганизмов сосны, ели и березы в условиях той же возрастной категории (90–100 лет) и однотипных почв практически одинаков (табл. 2), меняется лишь количественное соотношение доминирующих видов. Если на корнях березы преобладают *Pseudomonas radiobacter*, *Ps. denitrificans*, *Bacillus megaterium*, то ризосфера сосны и ели богаче видами *Ps. herbicola*, *Ps. fluorescens*, *Bac. mycooides*, *Bac. cereus*. Видовое разнообразие и количественный состав микроорганизмов, развивающихся непосредственно на корнях, значительно беднее по сравнению с ризосферой, а отличия между видами насаждений не существенны.

Здесь, несомненно, сказывается селекционирующее влияние корневых выделений, которые не отличаются высокой специфичностью, и, таким образом, питательный рацион микроорганизмов не позволяет увеличивать их качественное разнообразие. В то же время в прикорневой фракции, где корневые выделения обогащают ризосферную почву, резко возрастает видовое разнообразие.

В корнеобитаемой зоне трех древесных видов на основе ежедневного учета определены параметры численности и биомассы бактерий ризосферной и прикорневой почвы. Установлено, что количество бактерий в почве под различными древесными видами подвержено кратковременным пульсационным колебаниям. Наиболее значительные пульсации обнаружены в прикорневой зоне всех видов, где они отличаются резкими подъемами и спадами и происходят в более короткие сроки – 2–3 дня (рис. 1). Характер пульсаций, размеры продукции и гибели живой массы бактерий, число генераций в течение месяца отличаются незначительно. В прикорневой зоне сосны и ели было отмечено по 8 достоверных подъемов численности бактерий в ризосфере и контроле – по 6. В прикорневой зоне березы зафиксировано 8 достоверных подъемов численности бактерий, а в ризосфере и контроле по 5. Общая продукция микробных клеток в прикорневой и ризосферной зоне превышает биомассу микроорганизмов в контрольной почве в 1,5–2 раза. Размеры прироста и убыли количества бактериальных клеток в каждой зоне близки между собой. Следовательно, количество бактерий в почве колеблется около какой-то характерной для данной почвы или зоны величины. Полученные нами результаты согласуются с данными Т.В. Аристовской (1977), Р.А. Евдокимовой (1976), Тен Хак Муна (1977), Н.Д.Сорокина (2009), Swaby (1959). Эти и другие авторы указывали, что помимо внешних экологических факторов и внутренних популяционных закономерностей на развитие микроорганизмов и накопление биомассы огромное влияние оказывают продукты выделения и разложения корней.

Полученные нами данные показывают, что почва корнеобитаемой зоны по сравнению с контрольной отличается высокой биологической активностью (табл. 2). Средние величины протеазной, каталазной, уреазной и инвертазной активности в ризосферной почве разных типов сосняков в 2–3 раза превышают величины энзиматической активности в контрольной почве.

Таблица 2

Ферментативная активность в ризосферной почве (Р) и почве, удаленной от корней сосны (П) (n=28)

| Тип фитоценоза | Протеаза, мг аминного N×1 г ⁻¹ почвы за 24 часа | | Уреаза, мг NH ₄ ×100 г ⁻¹ почвы | | Каталаза, см ³ O ₂ за 5 мин | | Инвертаза, мг инверного сахара × 1 кг ⁻¹ почвы | |
|----------------------------------|--|------|---|------|---|------|---|------|
| | П | Р | П | Р | П | Р | П | Р |
| Сосняк бруснично-рододендроновый | 0,09 | 0,21 | 33±4 | 36±4 | 25,4 | 32,6 | 38,3 | 71,7 |
| Сосняк бруснично-зеленомошный | 0,24 | 0,47 | 38±6 | 15±6 | 16,6 | 34,6 | 41,5 | 70,4 |
| Сосняк разнотравный | 0,71 | 0,97 | 41±4 | 46±4 | 14,3 | 37,4 | 49,9 | 86,4 |
| Сосняк бруснично-разнотравный | 0,46 | 0,74 | 20±3 | 25±4 | 22,6 | 31,4 | 40,6 | 56,4 |

Повышенное содержание гумуса и обилие микроорганизмов, по мнению Л.В. Федоровой (1968), имеют большое значение в активизации ферментативных процессов в ризосферной почве. По расчетам автора, между активностью ферментов, содержанием гумуса и микроорганизмов существует тесная корреляционная зависимость ($r=0,60-0,99$). Возрастание микробиологической активности в ризосфере влечет за собой интенсивное образование минеральных элементов, доступных для растений.

Интегральным показателем минерализации органических компонентов и ускоренного поглощения минеральных элементов растениями является выделение углекислоты микроорганизмами и корневыми окончаниями [Сорокин, 1981, 1990; Greaves, 1972; Meyer, 1986].

Нами установлено, что количество выделенной углекислоты, так же как и ферментативная активность, зависит от возраста сосны и фенологической фазы роста и в меньшей степени – от разных видов одновозрастных древостоев (табл. 3).

Продукция углекислоты ризосферной почвой в сосняках разного возраста (n=28)

| Тип фитоценоза и возраст древостоя | Интенсивность выделения CO ₂ , кг*га ⁻¹ за 1 час | | | |
|--|--|-------------|--------------|-------------|
| | I фенофаза | II фенофаза | III фенофаза | IV фенофаза |
| Сосняк рододендрово-брусничный, 5 лет | 1,6±0,4 | 1,2±0,3 | 0,85±0,2 | 1,7±0,4 |
| Сосняк рододендрово-брусничный, 20 лет | 1,9±0,4 | 2,2±0,5 | 1,2±0,3 | 1,7±0,4 |
| Сосняк бруснично-зеленомошный, 60 лет | 2,4±0,3 | 1,7±0,4 | 1,0±0,3 | 1,9±0,3 |
| Сосняк бруснично-разнотравный, 80 лет | 3,4±0,5 | 2,9±0,3 | 1,3±0,4 | 3,1±0,5 |
| Сосняк разнотравный, более 100 лет | 5,1±0,5 | 5,2±0,4 | 3,3±0,4 | 4,6±0,5 |

Прямую связь между интенсивностью выделения углекислоты и численностью микроорганизмов установили Т.С. Александрова, Э.М. Шмурова (1962), А.Д. Рагуотис (1967).

Исследователи [Козлов, 1965; Рунов, Терехов, 1960] также считают, что существует тесная взаимосвязь продукции CO₂, ферментативной активности и численности микроорганизмов.

По нашим данным, четкой корреляции между активностью ферментов и количеством ризосферных микроорганизмов не наблюдается. Очевидно, что такую связь надо искать между определенными группами микроорганизмов и конкретными ферментами.

Выводы

1. Установлено, что ризосферный эффект (R/S) в наибольшей степени выражен у сосны и ели, где соотношение численностей колеблется в пределах 18,6 – 20,4 и в наименьшей степени у березы – 10,5.

2. Качественный состав микробных комплексов, развивающихся в ризосфере и на корнях у разных видов деревьев, близок. Меняется лишь количественное соотношение доминирующих видов микроорганизмов.

3. В корнеобитаемой зоне, так же как и в почве вне зоны влияния корней, выявлены кратковременные (суточные) колебания количества микроорганизмов от 5 до 8 поколений численности и биомассы в месяц.

4. Почва ризосферы, по сравнению с контрольной, отличается высокой биологической активностью. Величины протеазной, уреазной, инвертазной и каталазной активности в ризосферной почве в 2–3 раза превышают уровень энзиматической активности в контрольной почве.

Литература

1. Александрова Г.С., Шмурова Э.М. О биологической активности лесных почв Воронежского государственного заповедника // Тр. Воронежского гос. заповедника. – 1962. – Вып. 13. – С.175–198.
2. О методических подходах к изучению количественных изменений микрофлоры почвы / Т.В. Аристовская, Ген Хак Мун [и др.] // Почвоведение. – 1977. – №4. – С.99–107.
3. Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н., Лысак Л.В. Методы выделения и идентификации почвенных бактерий. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 70 с.
4. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Влияние ионов тяжелых металлов на изменение численности микроорганизмов в почве // Биологическая диагностика почв. – М.: Наука, 1976. – 130 с.
5. Егоров Н.С. Практикум по микробиологии. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 307с.
6. Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.Г., Лысак Л.В. Вертикальный континуум бактериальных сообществ в наземных биогеоценозах // Журн. общ. биологии. – 1991. – Т.52. – №12. – С.162–171.
7. Козлов К.А. Ферментативная активность почв как показатель их биологической активности // Докл. сибирских почвоведов. – 1965. – №14. – С.34–39.
8. Красильников Н.А. Определитель бактерий и актиномицетов. – М., 1949. – 829 с.
9. Литвинов М.А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов. – Л.: Наука, 1969. – 430 с.

10. Рунов Е.В., Терехов О.С. К вопросу об активности каталазы в некоторых лесных почвах // Почвоведение. – 1960. – №9. – С.27–30.
11. Сорокин Н.Д. Микрофлора таежных почв Средней Сибири. – Новосибирск: Наука, 1981. – 144с.
12. Сорокин Н.Д., Горбачев В.Н. Микробиологическая диагностика лесных почв юга Средней Сибири // Изв. СО АН СССР. – 1990. – Вып. 3. – С.137–140.
13. Сорокин Н.Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 221 с.
14. Тен Хак Мун. Микробиологические процессы в почвах островов притихоокеанской зоны. – М.: Наука, 1977. – 179 с.
15. Теплер Е.З. Изучение бактерий корневой зоны растений на корнях // Практикум по микробиологии. – М.: Высш. шк., 1972. – 198 с.
16. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. – М.: Наука, 1976. – 178 с.
17. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
18. Berge's., Ens. N.R., Kreig I.G. Holt Manual of determinative bacteriology. – Baltimore: the Williams and Wilkins CO, 1994. – 787p.
19. Greaves M.P., Darbyshire I.F. The mucellogineus layer on plant roots // Soil boil. Biochim. – 1972. – Vol.4. – P.443–492.
20. Meyer J.R. Selective influence on populations of pluzosphere or rhizoplane bacteria and actinomycetes by mucorhizas formed by Glomusdasciculatum // Soil Biol. Biochem. – 1986. – Vol.18. – № 2. – P.191–196.
21. Methods in soil biology /F Schiner, R. Ohlinger, E. Kandeler [at el]. – Berlin: Springer-Verlab, 1996. – 426 p.
22. Swaby E.S., Sperber F.W. Phosphate dissol wing microorganisms in the rhizosphere of legumes in nitrition of legumes. – Butterworthe. – 1959. – P.106–112.
23. Thom C.A. Manual of the Penicillia. – Jova, 1956. – 230 p.



УДК 630.431

А.В. Волокитина

ПИРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКПЕРТИЗА РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Автором предлагается внести дополнения в оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС) ресурсодобывающих предприятий пирологической экспертизой. Определены задачи пирологической эспертизы и предложен метод ее проведения.

Ключевые слова: пирологическая экспертиза, оценка природной и реальной пожарной опасности, прогноз поведения лесных пожаров.

A.V. Volokitina

RESOURCE-PRODUCING ENTERPRISE PYROLOGICAL EXPERT EXAMINATION

The author offers to introduce addendum into the estimation of the resource-producing enterprise environment impact (EEI) in the form of the pyrological expert examination. The pyrological expert examination tasks are determined and the technique to conduct it is offered.

Key words: pyrological expert examination, estimation of the natural and real fire danger, forest fire behavior forecast.

Введение. Пожары растительности (особенно лесные пожары) являются очень важным экологическим фактором. Освоение природных ресурсов, как правило, сопровождается увеличением количества антропогенных источников загорания. Экологическое влияние «дополнительных» пожаров на природу может превышать влияние промышленного загрязнения среды, а при некоторых ситуациях – создавать угрозу самим промышленным объектам и населенным пунктам. Поэтому одним из компонентов экологической