ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ
УРАЛЬСКОГО ФИЛИАЛА АН СССР

*На правах рукописи*

Г. А. КУЛАЙ

# Динамика микрофлоры ризосферы компонентов сосново-березовых насаждений Среднего Зауралья

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научные руководители:
канд. биол. наук Е. В. Рунов,
член-корреспондент АН СССР
профессор Е. Н. Мишустин

Свердловск
1964

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ
УРАЛЬСКОГО ФИЛИАЛА АН СССР

*На правах рукописи*

Г. А. КУЛАЙ

# Динамика микрофлоры ризосферы компонентов сосново-березовых насаждений Среднего Зауралья

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научные руководители:
канд. биол. наук Е. В. Рунов,
член-корреспондент АН СССР
профессор Е. Н. Мишустин

Свердловск
1964

Защита состоится на заседании Объединенного ученого совета при Институте биологии Уральского филиала АН СССР.

Автореферат разослан . . . . . 1964 г.

Отзывы и замечания просим присылать по адресу:

Г. Свердловск, ул. 8 Марта, 202, Институт биологии, Ученому секретарю Объединенного ученого совета Г. С. Хреновой.

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с огромными масштабами лесозаготовок, предусмотренными 7-летним планом развития народного хозяйства СССР, проблема восстановления леса приобретает в настоящее время весьма важное значение. Повышение лесопродуктивности возможно лишь при всестороннем изучении условий, необходимых для роста и развития насаждений.

Изучение биологических особенностей хвойно-лиственных насаждений является частью общебиологической проблемы лесной биогеоценологии. Исследования последних лет показали, что рост и развитие лесной растительности определенного состава оказывает огромное влияние на условия местообитания.

Для создания устойчивых и высокопродуктивных лесных насаждений, а также направленного изменения условий, обеспечивающих хорошее возобновление, необходимо всестороннее изучение биоэкологических условий, что невозможно без глубокого познания превращения веществ в почве и роли микроорганизмов в повышении почвенного плодородия.

Микробы — необходимое слагаемое биологической основы образования леса. Между тем, изученность микроорганизмов в различных лесных биогеоценозах далеко еще недостаточна. Почвы, занятые различными лесными насаждениями, имеют весьма специфический микробный ценоз. Вопросы же корневого питания не могут полностью решаться без учета микробиологического фактора.

В своем развитии растения неразрывно связаны с жизнью микрофлоры, доставляющей им необходимые элементы питания. Большое значение для познания в почве биохимических процессов имеют данные о распределении бактерий между ризосферой и почвой вне зоны корневых систем растений. Изучение микрофлоры, обильно населяющей ризосферу, является в настоящее время одним из актуальнейших, весьма сложных и интересных вопросов почвенной микробиологии.

Данных о роли микроорганизмов бактериального состава,

находящегося в непосредственном соприкосновении с корнями растений и являющегося посредником между почвенным минеральным комплексом и растением в литературе очень мало, да и те, которые имеются, относятся к разным породам и возрастным группам лесных насаждений. Это затрудняет и часто делает невозможным их сопоставление и использование.

Наиболее сложные взаимодействия организма и среды создаются в смешанных насаждениях в силу их различных биологических и экологических свойств. Благодаря широкому ареалу распространения хвойно-лиственных насаждений, в частности, сосново-березовых, изучение их смешения имеет большое теоретическое и практическое значение.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

По вопросу о взаимоотношениях сосны и березы в смешанных насаждениях накоплен значительный материал. Несмотря на то, что эти растения являются представителями различных пород древесных культур, они имеют сходные биоэкологические признаки.

При изучении влияния березы на возобновление, рост и развитие сосны в смешанных сосново-березовых насаждениях, целый ряд исследователей пришел к выводу о положительной ее роли при естественном возобновлении (И. С. Мелехов, П. П. Похитон, Г. И. Селедцев, В. С. Шумаков, Н. К. Вехов, Н. А. Зудин, Л. Г. Богашова). Ими показано, что береза повышает биологическую активность почвы, создает благоприятные условия для разложения подстилки, способствует накоплению гумуса, уменьшает кислотность почвы. Содержание подвижных элементов для питания растений в подстилке и в почве смешанных насаждений выше, чем в подстилке и в почве под чистыми древостоями.

Однако, в литературе имеется не мало указаний, которые не отрицая почвоулучшающей роли лиственных пород, отмечают неблагоприятное влияние березы на продуктивность сосновых лесов (Х. М. Исаченко, И. Д. Юркевич, В. С. Мирошников, Г П. Тимофеев, В. И. Олейникова, В. М. Соловьев).

Более глубокие и всесторонние исследования показали, что потеря прироста древесины сосны в смешанных насаждениях в первые 30 лет компенсируется к 50—60 летнему возрасту. И более того, не только компенсируется, а запас ее в смешанных насаждениях увеличивается быстрее, чем в чистом. Следовательно, положительный эффект березы на рост сосны превышает ее

отрицательное влияние. Подобное взаимодействие несомненно является следствием филогенетически обусловленного соответствия биологических особенностей сосны и березы.

Многолетними работами И. Н. Рахтеенко и его сотрудниками показано, что в смешанных сосново-березовых насаждениях корневая система сосны развивается лучше и вес ее на 65% больше, чем в чистых насаждениях. Применяя меченный фосфор, они установили интересную закономерность интенсивности поглащения питательных веществ. Так, наибольшая активность всасывания питательных веществ корнями березы происходит в июне, а у сосны в июле месяце. Весьма интересен тот факт, что период максимального поглощения фосфора сосной совпадает с наибольшим выделением его корнями березы.

Все это говорит о чрезвычайно сложных взаимоотношениях в лесных биогеоценозах не только надземной части растительности, но также и их корневых систем.

Взаимосвязи между отдельными компонентами в сложных формах лесных насаждений до сих пор еще полностью не вскрыты. Наряду с биологическими особенностями пород, почвенные условия являются главнейшим фактором, обуславливающим формирование насаждений. Ввиду того, что микроорганизмы как по методам их исследования, так и по взаимосвязи с окружающей средой весьма специфичны, В. Н. Сукачев выделяет их как особый компонент леса — микробиоценоз.

Выяснению роли микроорганизмов в питании древесных растений до последнего времени уделялось очень мало внимания.

Впервые на концентрацию микроорганизмов в корневых зонах травянистых растений обратил внимание Г Гильтнер, предложивший назвать эту биологическую зону — ризосферной. С тех пор многочисленными исследованиями как у нас, так и за рубежом, получены весьма интересные в теоретическом и практическом смысле данные о роли, деятельности и участии определенных микробных ценозов в корневом питании растений.

Вопросам взаимоотношений между растениями и микроорганизмами и накоплением корнями растений микрофлоры посвящены многолетние работы Н. А. Красильникова, Е. Ф. Березовой, Л. М. Доросинского, Н. А. Лазарева, Е. Х. Ремпе и многих других исследователей. Полученные обширные данные указывают на резкое колебание количественного состава микроорганизмов в ризосфере травянистых растений. Изменения связаны, главным образом, с определенными фенологическими фазами роста и развития культур.

В настоящее время совершенно бесспорным является участие

микроорганизмов в снабжении травянистых растений минеральными и некоторыми органическими веществами.

Повышенный интерес ученых к сельскохозяйственным культурам был вызван не только тем, что они оказались наиболее удобными объектами исследований для выяснения закономерностей взаимоотношений и взаимосвязей в системе почва — растение, но также и тем, что при направленном воздействии на микробный ценоз их корневых систем представилась реальная возможность повышения урожая сельскохозяйственных культур.

Значительно позже в литературе появляются данные, характеризующие микробные ассоциации корневых систем древесных растений. Подробные и обстоятельные исследования были проведены по изучению микрофлоры плодовых деревьев, виноградной лозы и чайного куста (А. А. Образцова, Г Е. Попова, С. Я. Исарашвили, И. И. Канивец, Т. А. Васильева и др.).

В связи с тем, что мы занимаемся вопросами изучения микрофлоры ризосферы сосны и березы особый интерес для нас, естественно, представляют работы, посвященные исследованиям микробных ассоциаций корневых систем лесных насаждений, на чем мы более подробно и остановимся. Учитывая весьма специфический микробный состав почв, занятых лесными культурами, Е. Н. Мишустин с сотрудниками указывают на необходимость изучения отдельных компонентов микробного ценоза ризосферы на развитие молодых лесных насаждений.

Ряд исследователей (А. З. Мантейфель, А. И. Жукова, Э. К. Демьянова, С. А. Самцевич, З. М. Корецкая, Г А. Соснякова, П. Е. Малышкин и другие) показали, что ризосфера молодых растений, в частности, дуба накапливает с первых же лет специфическую микрофлору. С возрастом количество микроорганизмов в ризосфере дуба значительно увеличивается. Корневая система дуба отличается высоким ризосферным эффектом.

При изучении микрофлоры ризосферы сеянцев сосны А. Я. Трибунская установила влияние микоризы на развитие микроскопических грибов, актиномицетов, флюорисцирующих, миколитических и аммонифицирующих бактерий.

На обильное развитие грибов из рода Penicillium и Trichoderma в ризосфере березы указывают Т. П. Сизова и Э. А. Итакаева, причем они отмечают, что количество грибов здесь увеличивается лишь до 30—40 летнего возраста растений.

При сравнении микрофлоры березы и ели на разных почвах Средней тайги Вологодской области Е. В. Рунов с сотрудниками указывают, что состав ризосферной микрофлоры определяется прежде всего влиянием древесной породы и типом почвы. На

формирование микробных ценозов в почве под лесом воздействие оказывают не только корневые системы растений древесных пород, но и отмершие корни. Характерной чертой ризосферы древесных пород в отличие от травянистой растительности является высокое содержание актиномицетов, бактерий рода Pseudomonas и миколитических бактерий. Азотобактер в корневых зонах хвойных пород не обнаружен.

Более 60% территории Свердловской области занято лесами. Между тем, работы по изучению микрофлоры корневых системы смешанных сосново-березовых насаждений в почвенно-климатических условиях предлесостепной зоны Среднего Зауралья до сих пор не проводились.

Сравнительное изучение микрофлоры корневых систем смешанных сосново-березовых насаждений разного возраста вызвано прежде всего необходимостью выработки приемов направленного изменения и улучшения условий обеспечивающих хорошее возобновление леса.

Цель наших исследований заключалась в выяснении роли корневой микрофлоры сосны и березы в питании смешанных молодняков и средне-возрастных насаждений.

В задачу работы входило следующее:

1. Изучение сезонных изменений основных групп микроорганизмов в ризосфере насаждений разного возраста сосны и березы.

2. Изучение суммарной энергии растворения труднодоступных соединений фосфора и калия и роли определенных видов микроорганизмов в этих процессах.

3. Исследование динамики биологической (ферментативной) активности в ризосфере сосны и березы.

4. Выяснение роли микроорганизмов в превращении гумусовых веществ в корневых зонах лесных насаждений.

Чтобы полнее и глубже вскрыть закономерности развития и деятельности микроорганизмов, мы одновременно учитывали в ризосфере сосново-березовых насаждений разного возраста в течение вегетационного периода изменение окислительно-восстановительного потенциала, гумуса, калия и фосфора как в почве корневых систем растений, так и вне их зоны распространения.

Знание этих конкретных микробиологических и химических закономерностей поможет практике лесного хозяйства полнее познать и правильно использовать внутривидовые и межвидовые взаимоотношения микробных ценозов в корневых системах древесных растений для создания устойчивых и высокопродуктивных лесных насаждений.

Работа проводилась в лаборатории лесоведения Института биологии Уральского филиала Академии наук СССР, руководимой профессором, доктором биологических наук Б. П. Колесниковым.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Припышминские боры являются одним из крупнейших островных массивов подзоны предлесостепных сосново-березовых лесов северной части Среднего Зауралья (Б. П. Колесников). Территория Припышминских боров заключена между 56° 40′ и 57° 00′ северной широты и 63° 10′ и 65° 25′ восточной долготы. Общая площадь составляет около 400 тыс. га и приурочена к надпойменным террасам древней долины реки Пышмы. Протяженность массива с запада на восток 200 км, ширина от 4 до 45 км.

Физико-географические условия Припышминских боров имеют много общего с территорией всей Зауральской лесостепи. Рельеф предлесостепного Зауралья представляет почти не размытую и не расчлененную гидрологической сетью равнину. Немалую роль здесь играют наличие поверхностно расположенных водоносных слоев и верховодок, так как коренные грунтовые воды в большинстве случаев находятся довольно глубоко и почти не доступны для использования их лесной растительностью.

Основной и характерной чертой климата Зауралья, в частности, Припышминских боров является континентальность. Сочетание довольно сухих юго-западных ветров со значительными сезонными и суточными колебаниями температуры, при относительно невысокой влажности воздуха, сравнительно низкая температура зимы и высокая лета — создает комплекс условий не всегда благоприятствующий нормальному развитию растительности.

Почвенные условия Зауралья находятся в тесной связи с геологическим строением территории, современным развитием рельефа, гидрологическим режимом, климатом, сменой растительности и антропологическими факторами. Распространенные здесь дерново-подзолистые почвы являются, как правило, производными от подзолистых почв. Лишь пятнами в районах Припышминских боров встречаются оподзоленные темносерые и серые лесные почвы. Спокойные формы рельефа в сочетании с переслаиванием различных по механическому составу пород, способствуют часто возникновению в почве процессов оглеения.

Лесная площадь Припышминских боров по господству пород, согласно данным таксации, характеризуется следующими

показателями: господствующими насаждениями являются сосновые древостои, занимающие примерно около 75% всей площади; немногим больше 20% составляют березовые насаждения и лишь 3,0% всей площади приходится на культуры ели и осины. За немногими исключениями лиственные насаждения носят временный характер. Большинство из них возникло под влиянием сплошных рубок и частых пожаров сосновых насаждений.

Изучение динамики микрофлоры в ризосфере разновозрастного древостоя сосны и березы проводилось в Талицком леспромхозе, в типе леса — бор бруснично-черничный в следующих возрастных группах смешанных сосново-березовых древостоев.

**Пробная площадь № 1**. Вырубка с самосевом 5—6 летнего возраста (последующая генерация), древесного яруса нет, подлесок отсутствует; семенники — 15 т/га; возобновление 1000 на га; состав самосева 9С1Б; подстилка в местах задернена свыше 0,5—0,6.

**Пробная площадь № 2**. Смешанный сосново-березовый молодняк 12—15 летнего возраста; состав насаждения 6С4Б; сомкнутость древостоя 0,6; полнота 0,5. Сосна в прогалинах сбежистая, в группах полнодревесна. Молодняк возник после сплошной рубки спелого чистого сосняка. Береза преобладает порослевая, семенного происхождения встречается значительно реже. Подлеска нет, кустарниково-травяной ярус в сомкнутых группах (под пологом) можно характеризовать как злаково-ягодниковый. Задерненность, как правило; отсутствует, но в прогалинах доходит до 0,3. Высота подъярусов I—40 см, II—15 см и III—5—6 см. На корнях сосны и березы, особенно сосны, этого возраста образуется обильная микориза. Есть все основания предполагать, что данный молодняк состава 6С4Б, успешно разовьется в жердняк состава 7С3Б. В спелом возрасте можно ожидать древостои состава 9С1Б.

**Пробная плащадь № 3**. Жердняк 30—40 летнего возраста; состава 7С3Б. Плодоношение древостоя слабое; подроста и самосева на участке нет; в качестве подлеска встречаются единичные рябины. Кустарничково-травяной ярус характеризуется как злаково-ягодный. Также как и в 12—15 летних насаждениях корневая система сосны имеет обильную микоризу; подстилка лиственно-хвоево-войлочная.

**Пробная площадь № 4.** Средне-возрастные насаждения 60—70 лет; состав 8С2Б; сомкнутость древесного яруса 0,9; полнота 0,8. Возобновление под пологом очень слабое, благонадежного самосева почти нет. Подлесок состоит из единично встречающегося можжевельника. Живой напочвенный покров составляют,

главным образом, черника, брусника, костяника и вейник; имеется небольшой моховой и лишайниковый ярус. Подстилка грубая, хвойно-лиственная, толщиной до 3-х см.

На всех пробных площадях пожаров после рубки не было.

## Сроки наблюдений

**1960 год.**

28 мая — начало роста сосны в высоту и набухание почек березы.

27 июня — интенсивный рост боковых побегов сосны и березы, рост хвои, начало закладки верхушечной почки у центрального побега сосны, формирование листового аппарата.

17 августа — окончание роста хвои у сосны, созревание семян и изменение окраски листьев березы.

9 октября — подготовка растений к зиме: сформирование верхушечной почки сосны и березы, полная осенняя окраска листьев, начало листопада.

12 октября — конец листопада.

В связи с наступлением в 1961 году ранней, теплой и влажной весны, развитие древостоев почти на три недели ускорилось, благодаря чему были изменены и сроки наблюдения.

**1961 год.**

17 мая — начало роста сосны в высоту и набухание почек березы.

9 июля — фаза наиболее активного роста и развития древостоев.

6 октября — конец листопада.

## Взятие почвенного образца из ризосферы растений

Анализу подвергалась почва, которая довольно крепко удерживалась физиологически активными корнями. Отбирались образцы для исследования следующим образом: на расстоянии 50—70 *см* от ствола по ходу скелетных горизонтальных корней выкапывался почвенный монолит; затем стерильным ножом срезали почву, освобождая горизонтальные корни 3—4 порядка; с этих корней осторожно пинцетом отделяли растущие сосущие корешки с плотно приставшей к ним почвой и помещали в стерильный пергаментный пакет. Для каждого образца выкапывалось от 7 до 10 монолитов. В лаборатории образцы тщательно отбирались от корешков, просеивались через сито с диамет-

ром 0,1 см и подготовленные таким образом образцы подвергались микробиологическому и биохимическому анализу. Для выявления количественной и качественной специфики в формировании микрофлоры в ризосфере разновозрастных насаждений сосны и березы, а также для изучения роли микроорганизмов в корневом питании растений, одновременно мы исследовали также почву непосредственно не соприкасающуюся с корнями растений, т. е. внеризосферную почву. Соблюдая правила стерильности, мы на расстоянии не более чем 3—5 см от активных сосущих корней сосны и березы, с глубины залегания их основной массы, отбирали определенное количество почвы, свободной не только от корней сосны и березы, а также и корней травянистой растительности. Внеризосферная почва, являясь контролем, бралась нами отдельно на каждой пробной площади. Каждый смешанный образец весил около 400—600 граммов.

## Микробиологический анализ почвы

Тщательно отобранная от корневых волосков, просеянная и растертая в стерильной ступке, навеска почвы в 10 г помещалась в 100 мл стерильной водопроводной воды и после 10-ти минутного встряхивания на аппарате Шуттеля делались соответствующие разведения почвенной суспензии и производился посев определенного титра ее на следующие питательные среды.

Общее количество бактерий определялось на мясо-пептонном агаре МПА. На этой же среде учитывались такие группы бактерий: флюоресцирующие бактерии, желтопигментные неспорообразующие микроорганизмы, споровые формы бактерий, в частности, Bac. mycoides и актиномицеты.

Бактерии, усваивающие аммиачные формы азота и использующие в качестве углеродного питания сахарозу, учитывались на крахмалоаммиачном агаре— КАА. Здесь же определялось количественное содержание актиномицетов, неспоровых желтопигментных и миколитических бактерии.

Спорообразующие формы бактерий в пастеризованной суспензии подсчитывались на мясо-пептонном агаре + сусло 7° Баллинга.

Количество грибов учитывалось на подкисленном 2° Баллинговом сусло-агаре.

Бактерии, растворяющие минеральные трудноусвояемые формы фосфора, определяли на глюкозо-фосфатном агаре. В качестве минерального источника фосфора использовали стерильный порошок апатита.

При изучении бактерий, растворяющих алюмосиликаты, применяли ту же глюкозо-фосфатную среду с добавлением порошка мусковита.

Целлюлозоразлагающие бактерии учитывали на жидкой среде Гетчинсона с полосками фильтровальной бумаги.

Посев производился поверхностный.

## Определение суммарной энергии разложения органических и растворения минеральных веществ

**Разложение гуминовых веществ**. При изучении гумусоразлагающей активности был использован метод, предложенный Д. И. Никитиным, который заключается в заражении глюкозо-фосфатной среды, содержащей 0,05 г порошка гумата, определенным разведением почвенной суспензии. Колбы выдерживались в течение 10 дней при постоянном встряхивании на аппарате Шуттеля при температуре 24—25° С, после чего обесцвеченный прозрачный фильтрат колориметрировался на электро-фото-колориметре ФЭК-М.

Гумусоразлагающая энергия выражена в процентах обесцвеченной среды к контролю (стерильная глюкозо-фосфатная среда + 0,05 г порошка гумата).

**Превращение минерального труднорастворимого фосфора.** В стерильную питательную среду добавляется стерильный порошок $Ca(PO_4)_2$ (апатит) в количестве 0,5 г и после этого она заражается 1 мл почвенной суспензии титра 1 : 10. Колбы выдерживались в термостате при температуре 28° С в течение 3-х недель, затем в прозрачном фильтрате методом А. Т. Кирсанова с последующим колориметрированием на электро-фото-колориметре определяется подвижный фосфор.

**Энергия растворения алюмосиликатов**. Стерильная питательная среда, с добавлением к ней перед посевом стерильного порошка мусковита, заражается 1 мл почвенной суспензии разведения 1 : 10. После 3-х недельной инкубации в термостате при температуре 28° С определяли в прозрачном фильтрате методом Я. В. Пейве образовавшийся подвижный калий.

## Ферментативный анализ почвы

Нами проводилось изучение как гидролитических (сахаразы, амилазы, протеазы, уреазы и фосфотазы), так и окислительных (пероксидазы и полифенолоксидазы) ферментов.

Принцип определения гидролаз сводится к следующему. К

определенной навеске воздушно-сухой почвы добавляется толуол (антисептик) и соответствующее для каждого фермента вещество: для инвертазы — 20% (раствор) сахарозы, амилазы — 2% раствор крахмального клейстера, протеазы — 2% раствор желатины, уреазы — 10% раствор мочевины и, наконец, фосфотазы — 1% раствор фенолфталеинфосфата натрия. После инкубации в термостате определенное время при температуре 37° С проводилось определение количества продуктов биохимического распада вышеперечисленных соединений. Так количество инвертного сахара и образовавшейся мальтозы определялось иодометрическим методом. Накопление аммиачного азота под действием протеазы—формольным титрованием, а деятельность уреазы—колориметрированием на фото-электро-колориметре с реактивом Несслера. Деятельность фосфотазы — освобождение фенолфталеина из сложного соединения, определялась также на электро-фотоколориметре.

Активность окислительных ферментов — пероксидазы и полифенолоксидазы проводилась по методу, предложенному А. Ш. Галстяном.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 1. Сезонная динамика микрофлоры и изменение ее в ризосфере лесных насаждений разного возраста

Изучение накопления микроорганизмов в ризосфере сосны и березы показало, что в течение вегетационного периода (табл. 1) количество их изменяется и эти колебания связаны, главным образом, с основными фазами развития древостоя. Динамика различных групп микроорганизмов в корневых зонах сосны и березы имеет свои особенности.

Максимальное развитие бактерий на МПА отмечено в период интенсивного роста и развития древостоев в высоту. Бактерии, использующие источники азотного и углеродного питания в легкодоступной форме (КАА) и олигонитрофильная группа микроорганизмов наиболее активно развиваются в ризосфере сосново-березовых насаждений в самом начале вегетационного развития, а именно в период набухания почек березы и в начале роста хвои.

Количество спорообразующих форм бактерий максимального развития достигает в период осенней окраски листьев и значение их, следовательно, в корневом питании лесных насаждений особенно велико в период подготовки древостоев к зиме.

Микроскопические грибы в микробном ценозе корневых си-

Таблица 1

**Сезонная динамика микроорганизмов в ризосфере 30-40 летних насаждений сосны и березы**

| Насаждения | Группы микроорганизмов | Число микроорганизмов в тыс., в следующие сроки наблюдений | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Набухание почек, начало роста побегов в высоту | Формирование листового аппарата, интенсивный рост хвои | Созревание семян березы, конец роста хвои | Полная осенняя окраска листьев, начало листопада | Конец листопада |
| Сосна | Бактерии, растущие на МПА | 14 700 | 52 600 | 24 700 | 11 400 | 12 400 |
| | Бактерии, растущие на КАА | 361 800 | 62 800 | 25 800 | 11 000 | 4 300 |
| | Олигонитрофилы . . . . . | 45 200 | 11 900 | 4 300 | 9 000 | 9 600 |
| | Спорообразующие формы бактерий . . . . . | 1 085 | 1 074 | 1 263 | 1 343 | 1 812 |
| | Микроскопические грибы . . | — | 18 | 71 | 25 | 25 |
| Береза | Бактерии, растущие на МПА | 4 000 | 218 000 | 12 700 | 4 800 | 7 000 |
| | Бактерии, растущие на КАА | 435 000 | 41 000 | 34 000 | 17 000 | 3 000 |
| | Олигонитрофилы . . . . . | 23 800 | 19 700 | 3 400 | 7 200 | 1 800 |
| | Спорообразующие формы бактерий . . . . . | 728 | 1 131 | 1 113 | 2 599 | 1 314 |
| | Микроскопические грибы . . | 17 | 49 | 37 | 56 | 47 |
| Почва вне ризосферы | Бактерии, растущие на МПА | 900 | 5 200 | 5 000 | 800 | 1 100 |
| | Бактерии, растущие на КАА | 82 500 | 21 200 | 16 700 | 500 | 1 100 |
| | Олигонитрофилы . . . . . | 44 800 | 9 900 | 1 500 | 850 | 1 900 |
| | Микроскопические грибы . . | 11 | 43 | 14 | 31 | 2 |

стем сосны и березы составляют всего лишь до 1% от общего числа микроорганизмов. В течение сезона отмечено два максимума накопления грибов — в фазу интенсивного роста и развития насаждений и второй приурочен к периоду подготовки растений к зиме, а именно в фазу полной осенней окраски листьев и началу листопада.

Изучение сезонных изменений актиномицетов показало, что в молодом возрасте растений (5—15 лет) они почти не накапливаются в ризосфере березы. Количественное содержание актиномицетов не отличается от почвы взятой вне корневой зоны растений. К 30—40 летнему возрасту насаждений в корневых зонах сосны и березы обнаруживается ярко выраженный ризосферный эффект. К концу вегетации наблюдается обильное развитие актиномицетов в ризосфере сосны и березы, причем корневая зона сосны аккумулирует к этому периоду почти в 3 раза больше актиномицетов по сравнению с березой.

Целлюлозоразлагающие бактерии на протяжении всего исследуемого периода (с мая по октябрь) обнаружены в корневой зоне сосны и березы во второй половине августа, а в почве, взятой вне ризосферы растений, лишь в начале сентября. Данные анализов указали на низкое содержание бактерий, разлагающих клетчатку как в корневой зоне сосны и березы, так и в почве вне ее.

В таблице 1 приведена динамика микрофлоры в ризосфере 30—40 летних насаждений сосны и березы. По другим возрастным категориям древостоев получена аналогичная закономерность.

При рассмотрении данных учета основных групп микроорганизмов (табл. 2), следует отметить, что на количественный состав бактерий корневой зоны сосны и березы большое влияние оказывает возраст насаждений. Так, в смешанных сосново-березовых молодняках в ризосфере березы численность микроорганизмов более, чем в 2—3 раза превышает количество бактерий корневой зоны сосны той же возрастной категории. В ризосфере 60—70 летних насаждений сосны отмечено более значительное накопление микроорганизмов, чем в корневой зоне березы этого же возраста.

Однако, увеличение возраста древостоев неодинаково сказывается на накопление различных групп микроорганизмов в корневых системах растений. Максимальное количество бактерий, растущих на МПА и КАА установлено в ризосфере сосны и березы в период их наиболее энергичного роста в возрасте 12—40 лет.

Таблица 2

**Изменения количества микроорганизмов в ризосфере сосны и березы разного возраста**

| Насаждения | Группы микроорганизмов | Возраст насаждений, лет | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 5-6 | 12-15 | 30-40 | 60-70 |
| | | Число бактерий в тыс. на 1 г абс. сух. почвы | | | |
| Сосна | Бактерии, растущие на МПА | 21 800 | 20 200 | 23 100 | 17 600 |
| | Бактерии, растущие на КАА | 44 000 | 93 000 | 93 000 | 85 000 |
| | Олигонитрофилы | 13 200 | 6 400 | 16 000 | 45 600 |
| | Спорообразующие формы бактерий | 1 200 | 970 | 1 300 | 2 970 |
| | Актиномицеты | 4 900 | 1 600 | 4 900 | 12 000 |
| | Микроскопические грибы | 41 | 29 | 56 | 56 |
| Береза | Бактерии, растущие на МПА | 50 200 | 50 900 | 49 300 | 11 000 |
| | Бактерии, растущие на КАА | 57 000 | 86 000 | 106 000 | 56 000 |
| | Олигонитрофилы | 53 500 | 11 800 | 11 200 | 27 200 |
| | Спорообразующие формы бактерий | 880 | 1 045 | 1 380 | 1 720 |
| | Актиномицеты | 5 000 | 2 000 | 6 000 | 8 000 |
| | Микроскопические грибы | 74 | 86 | 41 | 52 |
| Почва вне ризосферы | Бактерии, растущие на МПА | 6 000 | 3 300 | 2 600 | 4 100 |
| | Бактерии, растущие на КАА | 14 200 | 10 200 | 9 900 | 22 500 |
| | Олигонитрофилы | 12 500 | 12 200 | 12 000 | 14 000 |
| | Спорообразующие формы бактерий | 600 | 400 | 440 | 400 |
| | Актиномицеты | 3 000 | — | 1 700 | 4 300 |
| | Микроскопические грибы | 19 | 37 | 21 | 25 |

Более пышное развитие микроскопических грибов отмечено в ризосфере березы, собенно на первых этапах ее развития.

Значительное место в микробном ценозе сосны и березы, как говорилось выше, занимают спорообразующие бактерии и актиномицеты. В отличии от общего числа бактерий на МПА и КАА с увеличением возраста растений, увеличивается абсолютное и относительное число спорообразующих форм бактерий и актиномицетов. К 60—70 годам ризосфера сосны по сравнению с березой концентрирует их намного больше.

В биоценозе корневой зоны сосны и березы 5—6 летнего возраста доминирующей группой являются бактерии (80—90%), второе место занимают актиномицеты (9—18%) и лишь 0,2% от общего числа микроорганизмов составляют микроскопические грибы. К 60—70 годам древостоев количество бактерий в ризосфере резко снижается (57—59%) и большое место занимает группа актиномицетов (40—42%). Удельный вес микроскопических грибов в корневых зонах сосны и березы и в этом возрасте насаждений очень мал и не превышает 1% к общему количеству микрофлоры ризосферы сосново-березовых насаждений.

Установлена зависимость между количеством бактерий растворяющих минеральные труднодоступные соединения фосфора и калия и содержанием этих веществ в подвижной форме в ризосфере сосны и березы (табл. 3).

Сезонные изменения численности микроорганизмов в корневой системе сосны и березы связаны с основными фазами развития древостоев. Максимальное развитие микроорганизмов в ризосфере сосново-березовых насаждениях приурочено к интенсивному росту вегетативных органов, формированию листового аппарата. В то же время происходит рост физиологически активных корней, обильное выделение корнями органических и минеральных соединений. Минимум микрофлоры в ризосфере сосны и березы совпадает с относительным покоем сосущих корней, их частичным опробковением.

В почве взятой вне ризосферы растений количество микроорганизмов в десятки и сотни раз меньше по сравнению с численностью их в корневых системах разновозрастных смешанных сосново-березовых насаждениях. Такая же закономерность установлена и в накоплении подвижных элементов питания, в частности, фосфора и калия. На динамику внеризосферной микрофлоры, главным образом, оказывают влияние гидротермические условия.

Таблица 3

**Количество фосфат- и силикатрастворяющих бактерий (тыс/1 г абс. сух. почвы) и содержание подвижных форм фосфора и калия (на 100 г почвы) в ризосфере сосны и березы разного возраста**

| Насаждения | Возраст насаждений, лет | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5—6 | | | | 12—15 | | | |
| | Фосфатрастворяющие бактерии | $P_2O_5$ | Силикатраствоpяющие бактерии | $K_2O$ | Фосфатрастворяющие бактерии | $P_2O_5$ | Силикатраствоpяющие бактерии | $K_2O$ |
| Сосна . . . . . | 8300 | 6,56 | 21 | 8,3 | 2400 | 1,7 | 11 | 9,9 |
| Береза . . . . . | 5300 | 5,07 | 14 | 9,8 | 1600 | 2,93 | 12,9 | 10,2 |
| Почва вне ризосферы | 2800 | 0,87 | 1,5 | 0 | 2400 | 1,72 | 0,9 | 0 |

| Насаждения | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30—40 | | | | 60—70 | | | |
| | Фосфатрастворяющие бактерии | $P_2O_5$ | Силикатраствоpяющие бактерии | $K_2O$ | Фосфатраствоpяющие бактерии | $P_2O_5$ | Силикатраствоpяющие бактерии | $K_2O$ |
| Сосна . . . . . | 8600 | 3,75 | 13 | 13,2 | 7300 | 1,64 | 23 | 9,7 |
| Береза . . . . . | 7000 | 2,54 | 21 | 13,9 | 8100 | 3,42 | 14 | 11,9 |
| Почва вне ризосферы | 2700 | 1,91 | 0,5 | 0 | 2600 | 1,26 | 1,3 | 0 |

## 2. Биологическая активность в ризосфере лесных насаждений

Изучение активности сахаразы показало, что повышение ее деятельности в ризосфере молодых насаждений сосны и березы происходит с момента набухания почек березы и начала роста хвои сосны до полной осенней окраски листьев. В конце вегетационного периода (окончание листопада) наблюдается резкое снижение сахаразной активности (табл. 4).

Максимальная активность сахаразы отмечена в период появления осенней окраски листьев и созревания семян. Следовательно, между накоплением микроорганизмов на МПА и КАА и деятельностью сахаразы в течение вегетации прямой корреляции

Таблица 4

**Динамика активности сахаразы в ризосфере сосны и березы разного возраста**

| Насаждения | Возраст, лет | Сроки наблюдений | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Набухание почек, начало роста побегов в высоту | Формирование листового аппарата, интенсивный рост в высоту, рост хвои | Созревание семян березы, конец роста хвои | Полная осенняя окраска листьев, начало листопада | Конец листопада |
| | | Мг глюкозы/1 г. почвы за 24 часа | | | | |
| Сосна | 5—6 | 1,34 | 3,26 | 6,37 | 7,05 | 6,20 |
| | 12—15 | 2,62 | 3,43 | 7,22 | 6,54 | 5,36 |
| | 30—40 | 3,90 | 3,42 | 8,56 | 8,06 | 6,54 |
| | 60—70 | 6,20 | 5,70 | 8,56 | 6,70 | 6,71 |
| Береза | 5—6 | 3,26 | 7,05 | 6,88 | 6.88 | 5,70 |
| | 12—15 | 3,90 | 6,20 | 9,22 | 8,89 | 3,10 |
| | 30—40 | 5,36 | 6,88 | 10,23 | 10,75 | 3,26 |
| | 60—70 | 4,38 | 5,70 | 6,54 | 4,72 | 5,70 |
| Почва вне ризосферы | 5—6 | 1,34 | 1,01 | 1,51 | 1,83 | 1,51 |
| | 12—15 | 0,72 | 1,34 | 2,00 | 1,67 | 2,94 |
| | 30—40 | 1,34 | 1,51 | 1,83 | 1,34 | 2,00 |
| | 60—70 | 1,34 | 0,87 | 1,34 | 1,34 | 1,51 |

нами не установлено. Это явление, очевидно, можно объяснить прежде всего тем, что ферменты после отмирания микроорганизмов не только не теряют своей активности, а напротив, освобождаясь из бактериальных клеток увеличивают ее.

Аналогичные сезонные изменения наблюдаются при изучении амилазы, протеазы.

Результаты изучения сезонных изменений активности уреазы в ризосфере разновозрастных сосново-березовых насаждениях показали, что особенно резкие колебания урезной активности в течение вегетации происходят в ризосфере березы. Активность фермента во всех возрастных группах березы, начиная с момента набухания почек резко падает и фаза сформирования листового аппарата, интенсивного роста побегов в высоту характеризуется слабой ферментативной деятельностью уреазы. К моменту созревания семян и появлению осенней окраски листьев активность энзима возрастает.

Направленность сезонной динамики уреазы в ризосфере сосны аналогичны с колебаниями ее деятельности в корневой зоне березы. Однако, в течение сезона здесь таких резких изменений, как в ризосфере березы не происходит. Лишь в ризосфере 60—70 летних насаждений сосны отмечено довольно резкое повышение уреазной активности.

При сопоставлении деятельности ферментов, принимающих участие в превращении азота органических соединений в доступные для питания растений формы (протеазы и уреазы) видно, что накопление аммиачных соединений азота в ризосфере сосны и березы происходит благодаря высокой ферментативности деятельности протеазы (табл. 5). Особенно высокая деятельность протеазы установлена в период созревания семян.

Значительная протеалитическая активность в ризосфере березы во всех изученных нами возрастных категориях насаждений позволяет высказать предположение, что сосна, благодаря совместному произрастанию с березой, при составе 6С4Б в молодых и 8С2Б в средне-возрастных древостоях находится в более благоприятных условиях азотного питания, чем чистые насаждения сосны.

Динамика активности фосфатазы в ризосфере разновозрастных смешанных сосново-березовых насаждениях весьма специфична (табл. 6). В корневой зоне молодых древостоев сосны активность фосфатазы с началом вегетации постепенно возрастает и к моменту окончания роста хвои наступает резкое увеличение ее деятельности.

В 60—70 летнем возрасте сосны, в отличии от молодых на-

Таблица 5

**Динамика протеазы и уреазы в ризосфере сосны и березы разного возраста**

| Насаждения | Возраст, лет | Сроки наблюдений | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Набухание почек, начало роста побегов в высоту | | Формирование листового аппарата, интенсивный рост, рост хвои | | Созревание семян березы, конец роста хвои | | Полная осенняя окраска листьев, начало листопада | | Конец листопада | |
| | | Протеаза* | Уреаза** | Протеаза | Уреаза | Протеаза | Уреаза | Протеаза | Уреаза | Протеаза | Уреаза |
| Сосна | 5—6 | 2,52 | 0,36 | 2,80 | 0,20 | 5,60 | 0,26 | 9,24 | 0,30 | 4,20 | 0,27 |
| | 12—15 | 3,36 | 0,42 | 3,64 | 0,22 | 8,40 | 0,20 | 9,24 | 0,20 | 3,92 | 0,22 |
| | 30—40 | 3,64 | 0,40 | 3,64 | 0,18 | 8,68 | 0,30 | 9,50 | 0,26 | 4,76 | 0,25 |
| | 60—70 | 3,64 | 0,30 | 3,92 | 0,27 | 3,36 | 0,38 | 9,24 | 1,25 | 4,20 | 0,32 |
| Береза | 5—6 | 3,08 | 1,93 | 3,64 | 0,45 | 4,76 | 0,48 | 8,96 | 0,46 | 4,20 | 0,23 |
| | 12—15 | 3,64 | 1,00 | 5,32 | 0,50 | 8,68 | 0,81 | 12,04 | 1,25 | 1,68 | 0,21 |
| | 30—40 | 4,20 | 1,50 | 4,20 | 0,46 | 8,68 | 0,54 | 8,40 | 0,87 | 4,76 | 0,22 |
| | 60—70 | 3,92 | 1,25 | 3,08 | 0,42 | 2,08 | 0.75 | 6,44 | 0,75 | 2,8 | 0,16 |
| Почва вне ризосферы | 5—6 | 0,28 | 0,01 | 0,28 | 0,02 | 0,84 | 0,02 | 0 | 0,03 | 0,28 | 0,01 |
| | 12—15 | 0,56 | 0,04 | 0,84 | 0,01 | 0,28 | 0,05 | 0,28 | 0.03 | 0,84 | 9,03 |
| | 30—40 | 0,56 | 0,02 | 0,84 | 0,05 | 0,56 | 0,05 | 0,84 | 0,03 | 0,56 | 0,03 |
| | 60—70 | 9,84 | 0 | 0,56 | 0,06 | 0,28 | 0,05 | 0 | 0,04 | 0,56 | 0,01 |

*) $MrNH_3$/10 г почвы за 24 часа.
**) MrNH/5 г почвы за 40 часов.

Таблица 6

**Динамика активности фосфотазы в ризосфере сосны и березы разного возраста**

| Насаждения | Возраст, лет | Сроки наблюдений | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Набухание почек, начало роста побегов в высоту | Формирование листового аппарата, интенсивный рост, рост хвои | Созревание семян березы, конец роста хвои | Полная осенняя окраска листьев, начало листопада | Конец листопада | Изменение активности фермента в связи с возрастом древостоев |
| | | Мг освобожденного фенолфталеина 1 г почвы за 2 часа | | | | | |
| Сосна | 5—6 | 1,25 | 2,50 | 6,87 | 8,12 | 7,50 | 5,25 |
| | 12—15 | 3,75 | 6,87 | 5,62 | 6,87 | 6,25 | 5,07 |
| | 30—40 | 4,37 | 7,5 | 4,37 | 8,0 | 7,50 | 7,97 |
| | 60—70 | 8,12 | 5,62 | 5,00 | 9,37 | 7,60 | 7,14 |
| Береза | 5—6 | 16,87 | 10,62 | 4,37 | 6,25 | 3,75 | 8,37 |
| | 12—15 | 10,00 | 6,87 | 6,25 | 8,12 | 5,62 | 7,37 |
| | 30—40 | 7,50 | 5,62 | 4,37 | 5,00 | 6,25 | 5,75 |
| | 60—70 | 5,90 | 4,37 | 3,75 | 4,37 | 2,50 | 3,99 |
| Почва вне ризосферы | 5—6 | 0,62 | 0,62 | 0,68 | 0,90 | 0,90 | 0,73 |
| | 12—15 | 0,90 | 0,62 | 0,90 | 0,62 | 0,62 | 0,73 |
| | 30—40 | 0,50 | 0,50 | 0,90 | 0,62 | 0,50 | 0,63 |
| | 60—70 | 0,62 | 0,50 | 1,25 | 0,50 | 1,25 | 0,82 |

саждений активность фермента повышается только к периоду подготовки растений к зиме.

В ризосфере березы ферментативное разложение органофосфорных соединений происходит, главным образом, в ранний весенний период, снабжая растения доступными формами фосфора в период формирования листового аппарата и интенсивного роста вегетативных органов.

Особенно существенные различия установлены в активности фосфотазы в корневых зонах 5—6 летних насаждениях сосны и березы. В ранний период вегетационного развития растений энергия освобождения фосфора из органических соединений в ризосфере березы выше, чем в ризосфере сосны более чем в десять раз. К 30—40 летнему возрасту эти различия сглаживаются, а в корневой зоне 60—70 летних насаждений сосны на протяжении всего вегетационного периода фосфотазная активность значительно выше, чем в ризосфере березы.

Изучение деятельности почвенных энзимов показало, что в смешанных насаждениях сосны и березы в молодом возрасте активность их в ризосфере березы превышает деятельность ферментов в корневой зоне одновозрастных насаждениях сосны. В средневозрастных и приспевающих насаждениях сосны и березы энзиматическая деятельность в ризосфере березы резко снижается, в то время как в ризосфере сосны она остается высокой и не только не снижается, а имеет некоторую тенденцию к увеличению. Аналогичная закономерность установлена и в накоплении большинства основных групп микроорганизмов в корневых зонах сосны и березы.

Причины, вызывающие подобные различия в подведении ферментов в ризосфере древостоев сосны и березы разного возраста кроются, прежде всего, в самой природе растений. Потребность в питательных веществах различных растений на протяжении своей жизнедеятельности неодинакова.

Кроме онтогенетических различий в питании этих двух пород лесных культур на накопление микроорганизмов, продуцирующих активные ферменты, большое влияние оказывает и смена пород в составе сосново-березовых насаждениях. В 30—40 летнем возрасте насаждений сосны и березы, имеющих состав 6С4Б, происходят существенные изменения, приводящие к образованию древостоев сосны и березы состава 8С2Б. В данных количественных соотношениях береза находится в ослабленном, угнетенном состоянии. Это приводит к подавлению жизнедеятельности микробного ценоза в ее корневой системе, что влечет за собой аналогичные изменения и в ферментативной деятельности.

Активность ферментов в почве вне ризосферы растений очень низка и динамика их деятельности часто носит, своеобразный характер. Сезонные колебания микрофлоры в почве, удаленной от физиологически активных корней, связаны, главным образом, с изменением гидротермических условий.

### 3. Превращение гумусовых веществ в ризосфере лесных насаждений

При изучении разложения гумусовых веществ установлена определенная зависимость между количеством микроорганизмов, растущих на МПА и гумусоразлагающей активностью. Этот процесс наиболее энергично идет в ризосфере 12—40 летних растений.

Микробиологический анализ обесцвеченных гуматных сред показал, что преобладающей группой здесь являются бактерии вида Ps. fluorescens, которые можно считать основной и наиболее активной группой, участвующей в разложении гумусовых веществ.

Установлена взаимосвязь между накоплением гумуса и его разложением. Именно, увеличение энергии разложения гумусовых веществ, обусловленное повышенной микробиологической деятельностью, влечет за собой снижение содержания гумуса. Наоборот, в период затухания деятельности неспорообразующих бактерий и пониженной энергии разложения гумуса, содержание гуминовых веществ в ризосфере сосны и березы возрастает.

Процессы синтеза гумуса, связаны, главным образом, с изменением окислительно-восстановительных условий среды. В табл. 7 приведены данные сезонных изменений окислительно-восстановительного потенциала (Eh), активности пероксидазы и полифенолоксидазы, а также динамика накопления гумуса в ризосфере 12—15 летних насаждений сосны и березы. По другим возрастным категориям древостоев получена аналогичная закономерность.

Нами было установлено, что активное накопление гуматов в почве ризосферы сосны и березы происходит после интенсивного роста и развития растений, в фазу созревания семян березы и окончания роста хвои сосны. В периоды подавления бактериальной деятельности активность пероксидазы и полифенолоксидазы резко возрастает.

Известно, что актиномицеты, являясь энергичными продуцентами окислительных ферментов (М. М. Кононова, Е. Н. Мишустин, М. В. Федоров, E. Küster и др.), играют определенную роль в процессах образования гумуса в лесных почвах.

Результаты наших исследований показали, что ризосфера древостоев разного возраста сосны и березы накапливает значительное количество актиномицетов.

Таблица 7

**Динамика окислительно-восстановительного потенциала (Eh), пероксидазы (мг/пурпургалина) и содержания гумуса (%) в ризосфере сосново-березовых молодняков**

| Насаждения | Сроки наблюдений | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Набухание почек начало роста побегов | | | Интенсивный рост в высоту, рост боковых побегов | | |
| | Eh | пурпургалин мг | гумус % | Eh | пурпургалин мг | гумус % |
| Сосна | 245 | 108,2 | 9,9 | 175 | 108,0 | 9,4 |
| Береза . . . . . | 280 | 101,7 | 9,8 | 180 | 108,0 | 8,8 |
| Почва вне ризосферы | 400 | 29,7 | 7,7 | 390 | 48,0 | 7,0 |

| Насаждения | Сроки наблюдений | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Созревание семян конец роста хвои | | | Полная осенняя окраска листьев, начало листопада | | | Конец листопада | | |
| | Eh | пурпургалин мг | гумус % | Eh | пурпургалин мг | гумус % | Eh | пурпургалин мг | гумус % |
| Сосна . | 215 | 96,0 | 10,0 | 245 | 72,0 | 12,5 | 240 | 125,7 | 14,6 |
| Береза . . . . | 230 | 77,7 | 8,8 | 300 | 62,4 | 8,4 | 280 | 115,2 | 14,9 |
| Почва вне ризосферы . | 400 | 48,0 | 7,4 | 320 | 41,7 | 7,4 | 370 | 29,7 | 7,2 |

При сравнении данных по активности окислительных ферментов и накопления гумуса в ризосфере растений и в почве вне ее, мы пришли к заключению, что наиболее благоприятные условия для распада и синтеза гумуса создаются в корневых зонах растений.

Таким образом, результаты исследований указывают на положительное влияние березы в смешанных сосново-березовых молодняках. При составе древостоев 6С4Б береза не является конкурирующей породой по отношению к сосне, а наоборот, способствует улучшению ее корневого питания.

Однако, участие березы в составе сосновых древостоев особенно благоприятно только в течение первых 20—30 лет, в связи с тем, что ее положительное влияние на почву после этого периода заметно снижается.

Исследования микробиологической деятельности в ризосфере лесных насаждений дают возможность нам более глубоко разобраться в процессах питания растений, плодородии лесных почв и роли определенной популяции микроорганизмов в снабжении растений на данном этапе их развития необходимыми элементами питания.

## ВЫВОДЫ

1. Ризосфера сосны и березы в смешанных сосново-березовых молодняках и средних насаждениях характеризуется четким ризосферным эффектом.

Максимальное количество большинства групп микроорганизмов в корневых зонах лесных насаждений установлено в периоды наиболее интенсивного роста и развития сосны и березы, а именно: в фазу формирования листового аппарата, усиленного роста боковых побегов и закладки верхушечных почек.

Количество спорообразующих форм бактерий, численность актиномицетов и целлюлозоразлагающие микроорганизмы достигают максимального развития в фазу полной осенней окраски листьев и в конце листопада.

2. В ризосфере 5—6 летних растений сосны и березы и в сосново-березовом молодняке 12—15 лет корневая система березы концентрирует большее количество микроорганизмов, чем корневая система сосны.

Смена пород в средне-возрастных и приспевающих смешанных сосново-березовых насаждениях и ослабление роста березы в этих условиях, приводит к подавлению микробиологической деятельности в ризосфере березы. Таким образом, образование чистых древостоев сосны характеризуется изменением количественного и качественного состава микрофлоры в ризосфере сосны и березы.

3. В микробном цезоне корневой системы сосны и березы установлены группы бактерий, способные переводить фосфор и калий труднорастворимых минеральных соединений в подвижные формы, улучшая тем самым фосфорное и калийное питание растений.

Содержание подвижного фосфора и калия, а также суммарная энергия растворения апатита и алюмосиликата в ризосфере сосны и березы находятся в прямой зависимости от количества этих бактерий.

4. Ферментативная активность в ризосфере сосны и березы разного возраста значительно выше по сравнению с внеризосферной почвой.

В течение вегетационного периода активность гидролаз и оксидаз весьма динамична и связана с основными фазами развития смешанных сосново-березовых древостоев.

В первую половину вегетации в ризосфере березы активность этих ферментов в несколько раз выше по сравнению с ризосферой. сосны. После созревания семян энзиматическая деятельность в корневой системе сосны превышает активность ее в ризосфере березы.

Прямой зависимости между активностью ферментов и числом бактерий в течение вегетации не установлено.

5. Ризосфера березы в смешанных сосново-березовых молодняках характеризуется более высокой активностью гидролаз по сравнению с корневой системой сосны. В средне-возрастных и приспевающих насаждениях ризосфера сосны обладает значительно большей ферментативной активностью, чем корневая система березы.

6. Процессы разложения гумуса в течение вегетационного периода наиболее энергично идут в фазу интенсивного роста и развития сосны и березы, когда общее количество неспорообразующих форм бактерий достигает максимального развития. Каких-либо существенных различий в процессах разложения гумуса между породами не обнаружено.

7. Концентрация актиномицетов, повышение окислительно-восстановительного потенциала, а также увеличение активности пероксидазы и полифенолоксидазы приводит к накоплению гумуса в корневых системах сосны и березы.

Следует указать на весьма слабую гумусоразлагающую активность, значительно меньшее содержание гумуса и более низкую ферментативную деятельность оксидаз в почве вне ризосферы сосны и березы.

* * *

Материалы диссертации изложены в следующих работах:

1. Кулай Г. А. Динамика гумуса в ризосфере сосны и березы. Доклады второй научно-технической конференции молодых специалистов лесного производства Урала по итогам работ 1961 года, Свердловск, 1962.

2. Кулай Г. А. О превращении алюмосиликатов в ризосфере лесных насаждений. Известия, АН СССР, № 2, 1962.

3. Кулай Г. А. О биологической активности в ризосфере лесных насаждений. Тезисы докладов к конференции почвоведов Сибири и Дальнего Востока. Ноябрь-декабрь, 1962, г. Новосибирск.

4. Кулай Г. А. О превращении гуминовых веществ в корневых золах лесных насаждений. Принята в печать. (Известия АН СССР, № 2, 1964).

5. Кулай Г. А. Динамика микрофлоры ризосферы сосны и березы. (Принята в печать. Известия АН СССР, 1964).

6. Хренова Г. С., Кулай Г. А. Микрофлора дерново-подзолистых лесных почв Среднего Зауралья. Сдано в печать. (Сборник — Микрофлора почв СССР).

7. Кулай Г. А. Биологическая активность в ризосфере сосны и березы. Доклады конференции почвоведов Сибири и Дальнего Востока. Ноябрь-декабрь, 1962, г. Новосибирск. (Выходит из печати январь-февраль 1964 г.)

---

НС 23025 Заказ 362

Подписано к печати 20. II. 1964

Печ. л. 1,75 Усл. л. 1,75 Тираж 200

Тип. УПИ, Свердловск, Комсомольская, 70