

УДК 581.557.24

© Е. Ю. Воронина

**ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВООБИТАЮЩИХ БАКТЕРИЙ И МИКРОМИЦЕТОВ
В РИЗОСФЕРЕ, МИКОРИЗОСФЕРЕ И ГИФОСФЕРЕ СИМБИОТРОФНЫХ
БАЗИДИОМИЦЕТОВ**VORONINA E. Yu. SOIL BACTERIAL AND MICROMYCETES NUMBER IN RHIZOSPHERE,
MYCORRHIZOSPHERE AND SYMBIOTROPHIC BASIDIOMYCETES HYPHOSPHERE

Микориза представляет собой важнейший из симбиозов, в который вовлечены растения и грибы. Более 80 % видов наземных растений образуют микоризы различных типов (Brundrett, 2002). Микоризы встречаются практически во всех растительных ассоциациях и оказывают значительное влияние как на растения-фитобионты, так и на весь биогеоценоз в целом. С помощью эктомикоризы в лесных сообществах осуществляется связь между растениями не только разных видов, но и разных ярусов, происходит объединение их в единую систему с общим оборотом питательных веществ и участием в циклах биогенных элементов (Booth, 2004; Read et al., 2004). В бо-реальной зоне эктомикориза играет решающую роль, так как ее образуют древесные породы-доминанты и эдификаторы растительных сообществ. Микоризные грибы образуют в лесных почвах обильный мицелий, они участвуют в широком спектре взаимоотношений с почвенными организмами различных таксономических и трофических групп (Linderman, 1988; Великанов, Сидорова, 1997, 1998; De Boer et al., 2005; Timonen, Marschner, 2005). В настоящее время в мировом научном сообществе растет интерес к проблеме симбиозов, в том числе и микоризных. Ввиду современного понимания микоризы как мультитрофного симбиотического комплекса, на формирование и функционирование которого оказывают влияние не только свойства мико- и фитобионта, но и целый комплекс почвенных микроорганизмов, особое значение приобретает исследование микоризосферы, т. е. «зоны влияния» микоризного корневого окончания (Timonen, Marschner, 2005, и др.). Тем не менее, несмотря на большое количество работ, посвященных этой тематике, исследования преимущественно касаются только бактериального компонента микоризосферного сообщества и осуществляются в лабораторных условиях (Timonen et al., 1998; Heinonsalo et al., 2000, 2001; Frey-Klett, Garbaye, 2005). Таким образом, проводится избирательный анализ определенных штаммов грибов-микоризообразователей и микроорганизмов, при этом получаемые данные часто невозможно экстраполировать на симбиозы в природных условиях.

Известно, что численность почвообитающих микроорганизмов в ризосфере, микоризосфере и гифосфере агарикоидных базидиомицетов претерпевает значительные изменения по сравнению со свободной от корней почвой (Сизова, 1961; Katznelson et al., 1962; Neal et al., 1963; Великанов, Сидорова, 1997; Timonen et al., 1998; Heinonsalo et al., 2001, и др.). Однако исследования, проведенные в природных условиях и включающие в себя сравнительный анализ одновременно всех перечисленных местообитаний, практически отсутствуют. Кроме того, недостаточное внимание уделяется

распределению в указанных местообитаниях такой экологически важной группы почвенной биоты, как микромицеты: в сравнении с бактериальной составляющей микоризосферных сообществ они изучены в меньшей степени, и их исследования проводились преимущественно в лабораторных условиях. Целью данной работы стало сравнительное изучение влияния эктомикориз лесообразующих пород (ели и березы) на численность культивируемых почвообитающих микроорганизмов (бактерий и микромицетов) в природных условиях.

Работа выполнена на кафедре микологии и альгологии биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Полевые исследования и сбор материала были проведены на территории лесного массива заказника Звенигородской биостанции им. С. Н. Скадовского (Московская обл., Одинцовский район). Для данной территории характерны кислые дерново-подзолистые почвы; растительные ассоциации состоят в основном из ельников различных типов. На участках лесного массива, представленных мертвопокровным ельником с примесью березы и сосны, для многолетних наблюдений было заложено 10 пробных площадок размером 100 м² каждая. Выбор именно этого типа растительной ассоциации обусловлен высоким видовым разнообразием базидиомицетов-симбиотрофов. При слабом развитии травянисто-кустарничкового яруса упрощается отбор почвенных образцов, поскольку влияние микориз других типов минимальное. На пробных площадях проводили предварительное изучение биоты базидиомицетов-симбиотрофов и их пространственного распределения. В результате многолетнего картирования плодовых тел видов-эктомикоризообразователей были реконструированы контуры их колоний для последующего отбора почвенных образцов. Оценивали влияние микоризосферы на численность и видовой состав микроорганизмов по двум схемам. Для сравнения влияния микоризосферы и ризосферы образцы отбирали из шурфов (30×30×50 см) в корневых системах ели и березы из подстилки (0), гумусоаккумулятивного горизонта (A) и подзола (E); контролем служила свободная от корней подстилка или почва, взятая с той же глубины. Для сравнения влияния микоризосферы и свободного мицелия симбиотрофов разных видов — гифосферы образцы отбирали из гумусоаккумулятивного горизонта в пределах колоний 15 доминантных видов (*Amanita citrina* var. *citrina* (Pers.) Pers., *A. muscaria* var. *muscaria* (L.) Lam., *A. rubescens* var. *rubescens* Pers., *Cantharellus cibarius* Fr., *Cortinarius betuletorum* M.M. Moser ex M. M. Moser, *C. flexipes* (Pers.) Fr., *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quéf., *Laccaria laccata* (Scop.) Cooke, *Lactarius aurantiacus* (Pers.) Gray, *L. camphoratus* (Bull.) Fr., *L. flexuosus* var. *flexuosus* (Pers.) Gray, *Leccinum scabrum* (Bull.) Gray, *Rhodocollybia butyracea* f. *butyracea* (Bull.) Lennox, *Russula xerampelina* (Schaeff.) Fr., *Tricholoma fulvum* (Bull.) Sacc.); контролем служила почва за пределами колонии. Почвенный профиль, находящийся глубже подзола, не рассматривали, поскольку известно, что микоризные окончания сосредоточены преимущественно в верхних горизонтах (Gardes, Bruns, 1996; Read et al., 2004; Воронина и др., 2005). Всего в августе и сентябре 2002—2005 гг. было отобрано 234 образца. Каждый образец исследовали в 10 повторностях: выделяли бактерии и микромицеты, определяли их численность и проводили идентификацию. В работе был использован метод почвенных посевов на питательные среды из серийных разведений Ваксмана с последующим подсчетом колониеобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов и пересчетом их численности на 1 г почвы. Для получения статистически достоверных различий средних значений численности микроорганизмов в изучаемых местообитаниях применяли непараметрический критерий Вилкоксона.

Все три рассматриваемых местообитания — ризосфера, микоризосфера и гифосфера — оказывали влияние на распределение почвообитающих микроорганизмов и вызывали статистически достоверные изменения их численности в сравнении с почвой, свободной от корней или находящейся вне пределов колоний симбиотрофных базидиомицетов (контроль). Близость корневой системы растений оказывала влияние на численность почвенных микроорганизмов, изменяя количество органического вещества в почве за счет выделения экссудатов и отмирания корневых окончаний (Curl, Truelove, 1986; Priha, 1999, и др.). Основным проявлением влияния ризосферы было

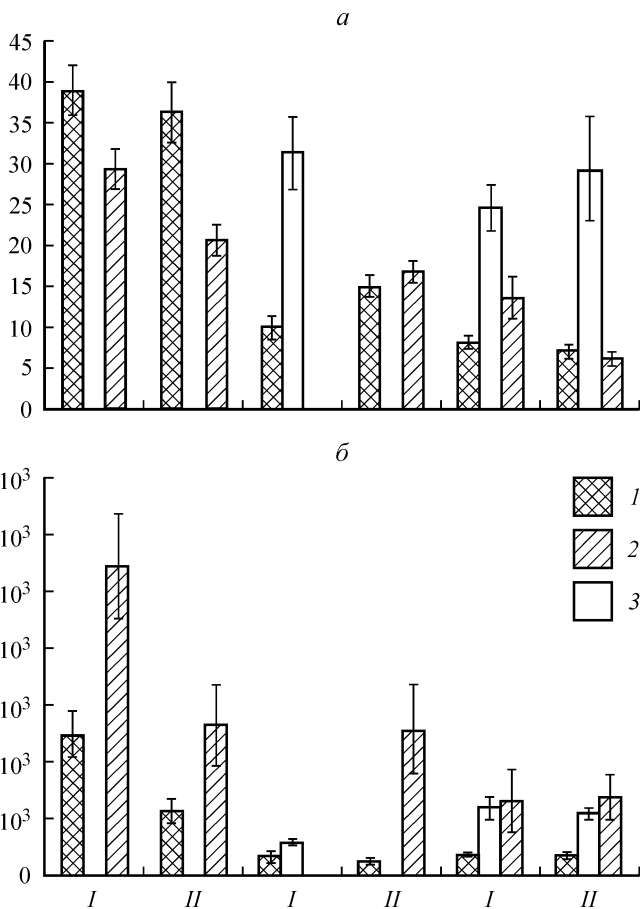


Рис. 1. Численность почвообитающих микроорганизмов в корневой системе исследуемых древесных пород по сравнению с почвой, свободной от корней.

а — микромицеты, *б* — бактерии (среднее число КОЕ, тыс./г почвы, $M \pm m$). *I* — береза, *II* — ель. *1* — контроль, *2* — ризосфера, *3* — микоризосфера. То же для рис. 2.

значительное увеличение в прикорневой зоне числа КОЕ бактерий микромицетов (рис. 1, *а*, *б*). В присутствии безмикоризных корней отмечено нарушение закономерного снижения численности микромицетов в глубь по профилю, характерного для свободной почвы, а в зоне ризосферы происходило увеличение численности бактерий от гумусоаккумулятивного к подзолисто-му горизонту. Статистически достоверных различий численности микроорганизмов в ризосферах ели и березы выявлено не было.

Микоризосферное влияние на численность почвообитающих микроорганизмов характеризуется более разнообразными проявлениями в сравнении с ризосферным, поскольку в данном случае взаимодействие корня с микробиотой почвы опосредовано гифальным чехлом микобионта. Влияние микоризы на вертикальное распределение числа КОЕ микроорганизмов по почвенному профилю заключалось в отсутствии воздействия ризосферы, что особенно ярко проявлялось в отношении микромицетов, — их численность значительно снижалась вниз по профилю в микоризосфере обеих исследуемых древесных пород. Таким образом, вертикальное распределение микромицетов в микоризосфере более сходно с представленным в свободной от корневой почве, чем в ризосфере безмикоризных корней.

Влияние микоризосферы на численность почвообитающих микромицетов не было универсальным. Оно заключалось как в ее снижении, так и в повышении по отноше-

**Достоверность различий в численности почвообитающих микроорганизмов
в корневых системах исследуемых древесных пород по критерию Вилкоксона**

Почвенный горизонт	Сравниваемые местообитания					
	ризосфера/контроль		микоризосфера/контроль		ризосфера/микоризосфера	
	береза	ель	береза	ель	береза	ель
Микромицеты						
Подстилка (0)	—	—	1.25E—04*	8.63E—08*	—	—
Гумусо-аккумулятивный (А)	2.16E—10*	—	—	3.2E—01	—	—
Подзол (Е)	6.12E—09*	5.4E—05*	4.4E—01	3.4E—01	2.2E—03*	1.8E—04*
Бактерии						
Подстилка (0)	—	—	1.9E—04*	2.8E—02*	—	—
Гумусо-аккумулятивный (А)	4.5E—03*	—	—	7.3E—04*	—	—
Подзол (Е)	6.5E—05*	1.8E—05*	3.4E—02*	4.7E—02*	2.5E—01	9.5E—01

Примечание. Звездочка — различие достоверно по критерию Вилкоксона; прочерк — образцы данной категории отсутствовали в рассматриваемом горизонте. В таблице указаны значения p (уровень значимости); различие по выбранному критерию статистически достоверно при $p < 0.05$. То же для табл. 2.

нию к свободной почве (в большинстве случаев различия численности носили статистически достоверный характер). Например, в подстилке в зоне микоризных окончаний изучаемых древесных пород наблюдалось статистически достоверное снижение числа КОЕ в сравнении с контролем, а в подзолистом горизонте с корневой системой березы отмечено повышение числа КОЕ по сравнению с почвой, свободной от корней. Выявлено, что влияние микоризных окончаний может быть различным в зависимости от условий. Влияние микоризосферы на численность бактерий носит более универсальный и стабильный характер и выражается в значительном увеличении численности этой группы почвообитающих микроорганизмов по сравнению с контролем; достоверные различия выявлены во всех случаях для обеих исследуемых древесных пород (табл. 1). В отношении микоризосферы можно отметить, что наблюдались случаи как достоверно более высокой численности микроорганизмов — микромицетов и бактерий в микоризосфере березы, так и отсутствие статистически значимых различий между древесными породами по этому признаку. Наиболее четкие различия в численности микроорганизмов проявлялись в подстилке и отсутствовали в нижележащих горизонтах. Например, в подзолистом горизонте отмечено статистически достоверное увеличение числа КОЕ в микоризосфере березы по сравнению с елью только для микромицетов (рис. 1, б; табл. 1).

Таким образом, влияние микоризосферы и ризосферы на численность почвенных микромицетов различно. Число КОЕ микромицетов достоверно выше в ризосфере по сравнению с микоризосферой. Увеличение численности бактерий в свободной почве происходит в большей степени в микоризосфере, но различия с ризосферой не во всех случаях носили статистически достоверный характер.

Влияние гифосферы большинства рассмотренных видов симбиотрофных базидиомицетов на численность почвообитающих микроорганизмов заключалось в снижении числа КОЕ микромицетов при увеличении численности бактерий в зоне колонии (рис. 2, а, б). Проявления гифосферного и микоризосферного влияния в основном совпадали и заключались в стимуляции бактерий и подавлении микромицетов в зоне

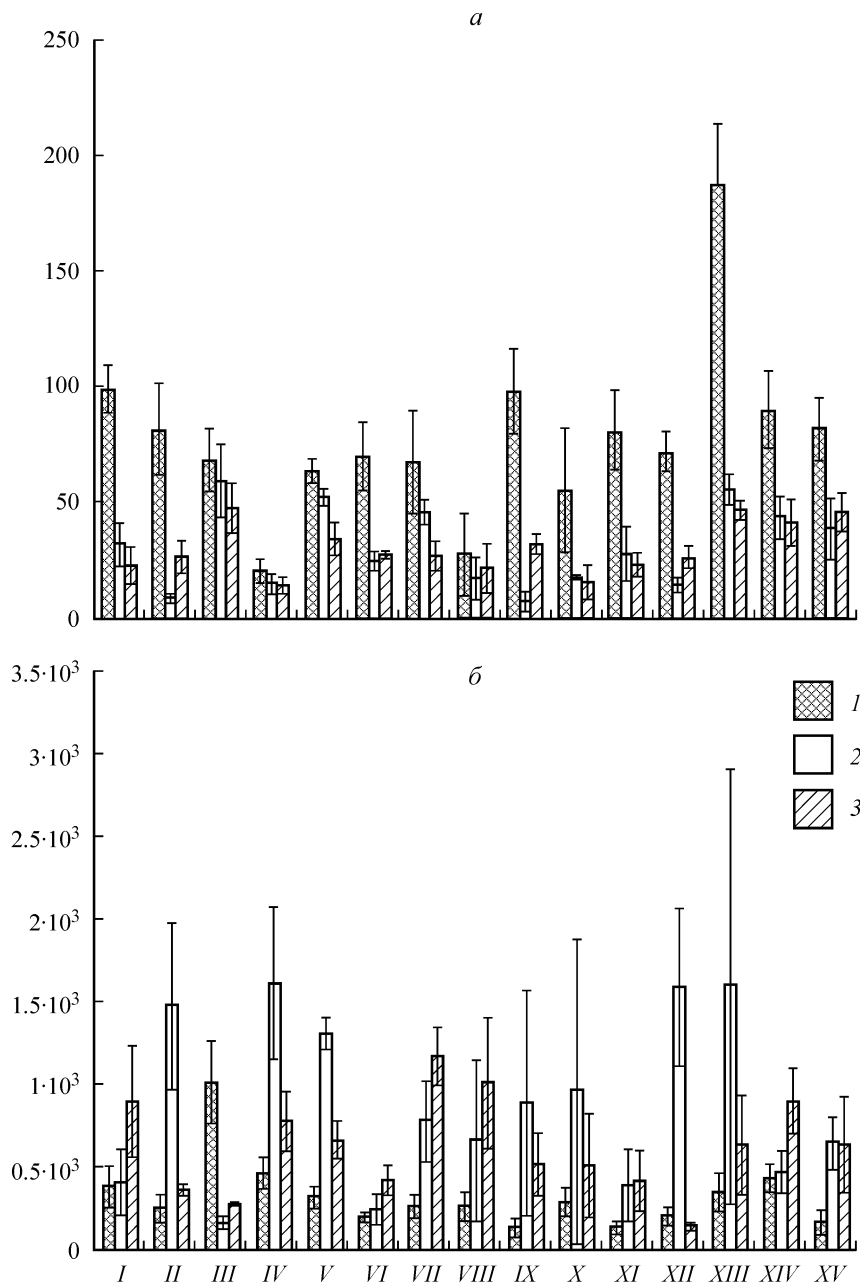


Рис. 2. Численность почвообитающих микроорганизмов в колониях симбиотрофных базидиомицетов по сравнению с почвой вне пределов колонии (контроль).

a — микромицеты, *b* — бактерии (среднее число КОЕ, тыс./г почвы, $M \pm m$).

I — *Amanita citrina* var. *citrina*, II — *A. muscaria* var. *muscaria*, III — *A. rubescens* var. *rubescens*, IV — *Cantharellus cibarius*, V — *Cortinarius betuletorum*, VI — *C. flexipes*, VII — *Hebeloma crustuliniforme*, VIII — *Laccaria laccata*, IX — *Lactarius aurantiacus*, X — *L. camphoratus*, XI — *L. flexuosus* var. *flexuosus*, XII — *Leccinum scabrum*, XIII — *Rhodocollybia butyracea* f. *butyracea*, XIV — *Russula xerampelina*, XV — *Tricholoma fulvum*.

**Достоверность различий в численности почвообитающих микроорганизмов
в колониях симбиотрофных базидиомицетов по критерию Вилкоксона**

Виды симбиотрофных базидиомицетов	Сравниваемые местообитания					
	гифосфера/контроль		микоризосфера/контроль		гифосфера/микоризосфера	
	микромикеты	бактерии	микромикеты	бактерии	микромикеты	бактерии
<i>Amanita citrina</i> var. <i>citrina</i>	6.9E—03*	9.2E—01	5.1E—03*	2.8E—02*	7.4E—02	2.8E—02*
<i>A. muscaria</i> var. <i>muscaria</i>	5.1E—03*	5.1E—03*	5.1E—03*	2.0E—01	2.8E—02*	1.3E—02*
<i>A. rubescens</i> var. <i>rubescens</i>	1.4E—01	4.3E—02*	6.9E—03*	4.3E—02*	7.4E—02	4.3E—02*
<i>Cantharellus cibarius</i>	2.4E—01	4.3E—02*	9.3E—02	4.3E—02*	9.6E—01	8.0E—02
<i>Cortinarius betuletorum</i>	7.4E—02	2.8E—02*	5.1E—03*	1.7E—01	3.7E—02*	6.0E—01
<i>C. flexipes</i>	5.9E—02	7.5E—01	1.7E—01	2.8E—02*	3.9E—01	2.8E—02*
<i>Hebeloma crustuliniforme</i>	5.9E—02	2.8E—02*	5.9E—02	2.8E—02*	3.7E—02*	3.5E—01
<i>Laccaria laccata</i>	9.3E—04*	2.8E—02*	7.2E—01	2.8E—02*	5.8E—01	1.2E—01
<i>Lactarius aurantiacus</i>	5.1E—03*	2.5E—01	5.1E—03*	2.8E—02*	5.1E—03*	7.5E—01
<i>L. camphoratus</i>	6.9E—03*	2.8E—02*	9.2E—02	2.8E—02*	7.2E—01	2.8E—02*
<i>L. flexuosus</i> var. <i>flexuosus</i>	1.2E—02*	2.8E—02*	6.9E—03*	2.8E—02*	2.8E—01	7.5E—01
<i>Leccinum scabrum</i>	4.3E—02*	5.1E—03*	4.3E—02*	6.5E—01	1.4E—01	5.1E—03*
<i>Rhodocollybia butyracea</i> f. <i>butyracea</i>	4.3E—02*	3.5E—01	4.3E—02*	4.6E—01	3.5E—01	2.5E—01
<i>Russula xerampelina</i>	5.1E—03*	6.5E—01	5.1E—03*	2.2E—02	3.9E—01	5.9E—02
<i>Tricholoma fulvum</i>	2.2E—02*	2.8E—02*	5.1E—03*	2.8E—02*	5.9E—02	9.2E—01

колоний, но гифосферное влияние было более отчетливо выражено в отношении микромикетов. Колонии некоторых видов симбиотрофных базидиомицетов оказывали значительное влияние на численность только одной из рассматриваемых групп почвообитающих микроорганизмов: микромикетов — *Amanita muscaria* var. *muscaria*, *Cortinarius betuletorum*, *Leccinum scabrum*, *Rhodocollybia butyracea* f. *butyracea*; бактерий — *Cantharellus cibarius*, *Cortinarius flexipes*, *Laccaria laccata*. Однако чаще в зоне микоризосферы статистически достоверные изменения происходили в численности обеих групп: *Amanita citrina* var. *citrina*, *A. rubescens* var. *rubescens*, *Hebeloma crustuliniforme*, *Lactarius aurantiacus*, *L. camphoratus*, *L. flexuosus* var. *flexuosus*, *Russula xerampelina*, *Tricholoma fulvum*. Даже для симбиотрофных видов, принадлежащих к одному роду, влияние микоризосферы на численность почвообитающих микроорганизмов может проявляться в разных формах. Так, в микоризосфере *A. citrina* var. *citrina* численность бактерий возрастала, в ризосфере *A. rubescens* var. *rubescens* — снижалась, а микориза *A. muscaria* var. *muscaria* не влияла на число КОЕ. В микоризосфере *A. rubescens* var. *rubescens* происходило подавление как микромикетов, так и бактерий.

Для многих исследованных видов симбиотрофных базидиомицетов, несмотря на совпадение влияния на численность почвообитающих микроорганизмов как гифосферы, так и микоризосферы, были выявлены достоверные различия значений КОЕ в указанных местообитаниях. Более существенные различия между этими двумя местообитаниями проявились на примере численности бактерий. Отмечено стимулирую-

щее действие микоризосферы и гифосферы в отношении этой группы микроорганизмов при наличии достоверных отличий: большее число КОЕ отмечено в одних случаях в гифосфере (*Amanita muscaria* var. *muscaria*, *Lactarius camphoratus*, *Leccinum scabrum*), а в других, напротив, в микоризосфере (*Amanita citrina* var. *citrina*, *A. rubescens* var. *rubescens*, *Cortinarius flexipes*; табл. 2). Достоверное различие численности микромицетов в микоризосфере и зоне свободного мицелия при снижении числа КОЕ в обоих местообитаниях в сравнении с контролем отмечено у симбиотрофов *Cortinarius betuletorum* и *Hebeloma crustuliniforme* (подавляющее действие микоризосферы достоверно более выражено в сравнении со свободным мицелием). Напротив, у *Amanita muscaria* var. *muscaria* и *Lactarius aurantiacus* численность микромицетов значительно ниже в гифосфере, чем в микоризосфере (рис. 2, а; табл. 2). У ряда видов (*Cantharellus cibarius*, *Laccaria laccata*, *Lactarius flexuosus* var. *flexuosus*, *Rhodocollybia butyracea* f. *butyracea*, *Russula xerampelina*, *Tricholoma fulvum*) влияние микоризосферы и гифосферы было не только сходным, но и примерно равным в отношении численности микроорганизмов; в микоризосфере и зоне свободного мицелия не отмечено достоверных различий числа КОЕ.

Степень выраженности влияния гифосферы и микоризосферы может варьировать у симбиотрофных базидиомицетов в разные сезоны. Направленность влияния (повышение или понижение численности микроорганизмов) оставалась неизменной в любом случае, но статистическая достоверность полученных отличий сохранялась не всегда. Таким образом, микоризосферу следует рассматривать как отдельное местообитание, отличающееся как от ризосферы, так и от гифосферы. В то же время влияние микоризосферы может в природных условиях проявляться различно для разных видов симбиотрофных базидиомицетов и зависеть от множества факторов, действующих в почве. Это обуславливает невозможность выявления единой универсальной закономерности и вызывает необходимость проведения в каждом случае специального исследования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 07-04-00698а) и НШ (грант № 5189.2008.4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Великанов Л. Л., Сидорова И. И. Регуляция высшими базидиомицетами структуры мико- и микробиоты почв и подстилки лесных экосистем. I. Влияние базидиомицетов на численность грибов и бактерий // Микология и фитопатология. 1997. Т. 31, вып. 4. С. 20—26.

Великанов Л. Л., Сидорова И. И. Регуляция высшими базидиомицетами структуры мико- и микробиоты почв и подстилки лесных экосистем. II. Влияние базидиомицетов на видовое разнообразие почвенных микромицетов // Микология и фитопатология. 1998. Т. 32, вып. 1. С. 33—36.

Воронина Е. Ю., Великанов Л. Л., Сидорова И. И. Эктомикоризы ели и березы, их распределение по почвенному профилю на территории лесного массива ЗБС МГУ // Труды Звенигородской биол. станции им. С. Н. Скадовского. 2005. Т. 4. С. 116—122.

Сизова Т. П. Материалы по микофлоре ризосферы древесных пород: Дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 1961. 163 с.

Booth M. G. Mycorrhizal networks mediate overstorey — understorey competition in a temperate forest // Ecol. Letters. 2004. Vol. 7. P. 538—546.

Brundrett M. C. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants // New Phytol. 2002. Vol. 154. P. 275—304.

Curl E. A., Truelove B. The Rhizosphere. Berlin: Springer-Verlag, 1986. 228 p.

De Boer W., Folman L. B., Summerbell R. C., Boddie L. Living in a fungal world: impact of fungi on soil bacterial niche development // FEMS Microbiol. Rev. 2005. Vol. 29. Iss. 4. P. 795—811.

Frey-Klett P., Garbaye J. Mycorrhiza helper bacteria: a promising model for the genomic analysis of fungal-bacterial interactions // New Phytol. 2005. Vol. 168. P. 4—8.

- Gardes M., Bruns T. D. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views // *Can. J. Bot.* 1996. Vol. 74. P. 1572—1583.
- Heinonsalo J., Jorgensen K. S., Haahtela K., Sen R. Effects of *Pinus sylvestris* root growth and mycorrhizosphere development on bacterial carbon source utilization and hydrocarbon oxidation in forest and petroleum-contaminated soils // *Can. J. Microbiol.* 2000. Vol. 46. P. 451—464.
- Heinonsalo J., Jorgensen K. S., Sen R. Microcosm-based analyses of scots pine seedling growth, ectomycorrhizal fungal community structure and bacterial carbon utilization profiles in boreal forest humus and underlying illuvial mineral horizons // *FEMS Microbiol. Ecol.* 2001. Vol. 36. P. 73—84.
- Katznelson H., Rouatt J. W., Peterson E. A. The rhizosphere effect of mycorrhizal and non-mycorrhizal roots of yellow birch seedlings // *Can. J. Bot.* 1962. Vol. 40. P. 257—276.
- Linderman R. G. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: the mycorrhizosphere effect // *Phytopathology.* 1988. Vol. 78. P. 366—371.
- Neal J. L., Bollen W. B., Zak B. Rhizosphere microflora associated with mycorrhizae of Douglas-fir // *Can. J. Microbiol.* 1964. Vol. 10, N 2. P. 259—266.
- Priha O. Microbial activities in soils under Scots pine, Norway spruce and silver birch. Academic dissertation in Environmental Microbiology. Helsinki: University of Helsinki, 1999. 50 p.
- Read D. J., Leake J. R., Perez-Moreno J. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes // *Can. J. Bot.* 2004. Vol. 82. P. 1243—1263.
- Timonen S., Jorgensen K. S., Haahtela K., Sen R. Bacterial community structure at defined locations of *Pinus sylvestris*—*Suillus bovinus* and *Pinus sylvestris*—*Paxillus involutus* mycorrhizospheres in dry pine forest humus and nursery peat // *Can. J. Microbiol.* 1998. Vol. 44. P. 449—513.
- Timonen S., Marschner P. Mycorrhizosphere concept / Eds K.G. Mukerji et al. // *Microbial activity in the rhizosphere.* 2006. P. 155—172.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступила 4 V 2009

РЕЗЮМЕ

В природных условиях изучали влияние микоризосферы ели и березы на численность почвенных грибов и бактерий по сравнению с влиянием ризосферы и гифосферы на тот же показатель. Свободная от корней и базидиомицетного мицелия почва использовалась как контроль. Возрастание численности микроорганизмов отмечено во всех ризосферных образцах по отношению к контролю, при этом не отмечены различия между видами деревьев. Наиболее часто встречающимся типом воздействия микоризосферы на бактерии было значительное повышение их численности по сравнению с контролем или ризосферной почвой. Воздействие на микоризосферы было более разнообразным и состояло в ряде случаев в повышении или снижении их численности в сравнении с контролем. Численность микроорганизмов была выше в микоризосфере березы по сравнению с елью, но различия не всегда носили статистически достоверный характер. Влияние гифосферы и микоризосферы сильно варьировало в колониях разных видов базидиомицетов, даже принадлежащих к одному и тому же роду. Снижение численности грибов и повышение численности бактерий представляет собой типичную картину для гифосферы и микоризосферы большинства исследованных симбиотрофных видов.

Ключевые слова: микоризосфера, гифосфера, ризосфера, ель, береза, численность микроорганизмов, симбиотрофные базидиомицеты.

SUMMARY

The spruce and birch mycorrhizosphere impact on soil micromycetes and bacterial numbers versus rhizosphere and hyphosphere effects was studied under natural conditions. The soil free from roots and basidiomycete mycelia was taken as a control. Increase in microorganisms number was detected

in all rhizosphere samples versus control and no difference between tree species was revealed. The most common mycorrhizosphere impact on bacteria was significant increase versus either control or rhizosphere soil. The impact on micromycetes was more various and consisted in some cases in increase or decrease compared to control soil. Microorganism numbers were higher in birch mycorrhizosphere compared to spruce but the difference wasn't always statistically significant. Hyphosphere and mycorrhizosphere effects varied strongly in colonies of different basidiomycete species even belonging to the same genus. The decrease of fungal and increase of bacterial numbers represented the usual pattern for hyphosphere and mycorrhizosphere of majority of symbiotrophic species studied.

Key words: mycorrhizosphere, hyphosphere, rhizosphere, spruce, birch, micromycete and bacterial numbers, symbiotrophic basidiomycetes.