

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**Оренбургский государственный аграрный университет**

**А.Д. БУРАКАЕВА, Г.В. ПЕТРОВА**

**МИКОФИЛЬНЫЕ ГРИБЫ – ПРОДУЦЕНТЫ ПРАКТИЧЕСКИ**  
**ВАЖНЫХ ПРОДУКТОВ**

Монография

Оренбург 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
I Микофильные грибы – продуценты антибиотических веществ фунгицидного спектра действия	5
1.1 Условия биосинтеза антибиотиков у микофильных грибов	11
1.2 Физико-химические характеристики некоторых антибиотиков	39
II Микофильные грибы – продуценты пигментов	49
2.1 Хиноны	49
2.2 Каротиноидные пигменты	63
2.3 Меланиновые пигменты	65
III Литические ферменты микофильных грибов	69
3.1 $\beta$ -1,3-1,4-1,6-глюканазы и хитиназы	69
3.2 Протеолитические ферменты	71
3.3 Целлюлазы и гемицеллюлазы	79
IV Микофильные грибы – продуценты белковой биомассы	90
V Образование липидов	98
VI Клеточная стенка грибов - источник биоразлагаемых полимеров и сорбентов металлов	109
VII Биосинтез стимуляторов роста растений	120
VIII Биотехнологические аспекты применения микофильных грибов в повышении эффективности очистки сточных вод	134
Заключение	148
Литература	149

А

**Посвящаем светлой памяти замечательных ученых-микробиологов  
Николая Сергеевича Егорова и Евгении Григорьевны Тороповой**

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

При сложившейся системе растениеводства, а именно в связи с бесконтрольным применением пестицидов, актуальны исследования по разработке новых эффективных и в то же время экологически безопасных препаратов для защиты растений от возбудителей болезней. Микофильные грибы относят к числу наиболее перспективных объектов для использования в защите растений от болезней, вызываемых фитопатогенными грибами. Их антагонистические свойства могут проявляться в виде продукции антибиотических веществ, а также синтеза гидролитических ферментов, либо конкуренцией за источник питания. Помимо перспективы их использования в качестве естественных антагонистов фитопатогенных грибов, микофильные грибы представляют несомненный научный и практический интерес как продуценты многих практически ценных продуктов метаболизма. Свойства микроорганизмов образовывать антибиотически активные вещества наряду с фитогормонами и другими биологически активными соединениями - аминокислотами, витаминами, ферментами, биоПАВ, биологически активными липидами - широко используется при создании микробиологических препаратов.

Наибольший интерес представляет проблема поиска микофилов, способных к биосинтезу одновременно нескольких практически ценных продуктов при культивировании на органических отходах сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам - заслуженному деятелю науки РФ, доктору биологических наук, профессору МБЦ МГУ им. М.В. Ломоносова Н.С. Егорову и доктору биологических наук, профессору ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет А.М.Русанову за добрые советы и замечания в процессе работы над книгой.

## **I Микофильные грибы – продуценты антибиотических веществ фунгицидного спектра действия**

Микофильные грибы – это экологическая группа микроскопических грибов, отличительной особенностью которых является способность использовать в качестве субстрата питания другие грибы, в том числе и фитопатогенные. В настоящее время известно более 2000 видов микофильных грибов, из них: фикомицетов около 300, базидиомицетов – не менее 100, аскомицетов – 600 и деутеромицетов – более 1000 [Рудаков, 1981], [Gamset.al., 2004].

Согласно имеющимся литературным данным, одним из необходимых условий освоения грибных субстратов микопаразитами является их способность образовывать антибиотические вещества и экстрацеллюлярные ферменты [Barnett, 1963], [Hanlin, 1963], [Pyke, Dietz, 1966], [Курахтанова, 1972]; [Тиунова и др., 1973], [Komatsu, 1975], [Лернер и др., 1977], [Жлоба и др., 1980], [Тиунова и др., 1982], [Сидорова 1987], [Тиунова, 1989], [Naab D. et.al, 1990]. Микофильные грибы широко распространены в разных климатических зонах земного шара и представлены паразитами различных форм, но некоторым из них присущи и другие экологические стратегии, такие как нейтрализм, сапротрофия, комменсализм, мутуализм [Dightondet.al., 2005], [Акулов и др., 2010].

В связи с длительным применением в сельском хозяйстве синтетических фунгицидов наблюдается тенденция к уничтожению полезной почвенной микрофлоры и, как следствие, массовые заселения почв фитопатогенными грибами, снижение плодородия почв, нарушение питания растений.

С целью развития экологически безопасных способов защиты растений от болезней, вызванных фитопатогенными грибами, начиная с 60-х годов прошлого столетия, внимание исследователей направлено на микофильные микроорганизмы, подавляющее большинство представителей которых

выступают в качестве естественных антагонистов фитопатогенных грибов и продуцентов антибиотических веществ с фунгицидным спектром действия [Garcia I., et.al., 1994], [Linberg J.D., 1981]. Микофильные грибы, подавляя плотность фитопатогенной популяции, способны пополнить недостающий баланс почвенных микроорганизмов, что в итоге приводит к повышению плодородия почв и снижению заболеваний растений [Якименко, Гродницкая, 2000], [Harman, 2000], [Harman, Donzelli, 2001].

Микофилы обнаруживают на крупных телах макромицетов, на многих микроскопических грибах - паразитах растений, также они способны заселять уже отмершие части грибов, развиваться на растительных остатках и в почве [Сидорова, 1987]. Микофильные грибы, представленные паразитическими формами, разделяют на две большие группы. Первая – это биотрофы, которые питаются содержимым живых клеток грибов-хозяев. Вторая группа – это некротрофы, образующие антибиотические вещества и литические ферменты [Barnett, 1963]. Известно, что большинство микофилов относится к группе некротрофов и паразитам смешанного типа. Некротрофы имеют широкий круг грибов хозяев, не образуют специализированных абсорбтивных структур типа гаусторий или контактных клеток. Представители некротрофных паразитов хорошо растут на обычных питательных средах в лабораторных условиях. Поэтому они представляют большой интерес с точки зрения разработки биологических методов борьбы с грибами – паразитами растений [Сидорова, 1964], [Сидорова, 1987]. Большую роль в жизни многих некротрофных паразитов играют образуемые ими антибиотики.

По определению, предложенному Н.С. Егоровым (1986) понятие антибиотики подразумевает специфические продукты жизнедеятельности или их модификации, обладающие высокой физиологической активностью по отношению к определенным группам микроорганизмов (вирусам, бактериям, актиномицетам, грибам, водорослям, протозоа) или к злокачественным опухолям, избирательно задерживая их рост или полностью подавляя развитие. Лернер Л.Е. (1977) при изучении антибиотической активности микофилов,