

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

# *ЭКОЛОГИЯ*

№ 6

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

1994

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ MORFOБИОХИМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ВОДНЫХ ГРИБОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

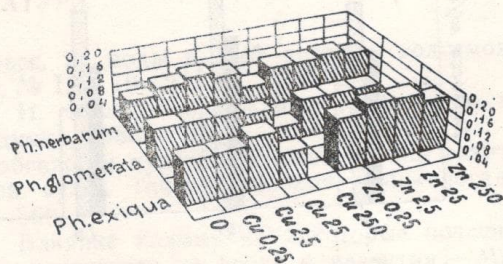
В. А. Терехова, Л. Г. Швед

Грибы рода *Phoma* — довольно обширная и широко распространенная группа микромикетов. Нередко они занимают доминирующее положение в структуре водной микобиоты (Воронин, 1989; Ross et al., 1975). Однако вопрос о влиянии антропогенного загрязнения на эту группу гидробионтов и возможности использования их в биомониторинге состояния окружающей среды мало изучен.

Задача данной работы состояла в изучении изменчивости некоторых морфобиохимических признаков у выделенных из воды грибов рода *Phoma* под воздействием солей тяжелых металлов (меди и цинка) по достаточно широкому спектру признаков.

Грибы выделяли из водосемов разных типов в Среднем Поволжье (Куйбышевское водохранилище, река Чапаевка, Васильевские озера). Действие металлов на грибы оценивали по следующим критериям: морфология и радиальная скорость роста колоний, прорастание спор, накопление биомассы мицелия, индекс споруляции, изменчи-

Рис. 1. Влияние цинка и меди на коэффициент радиальной скорости роста ( $Kr$ ) грибов рода *Phoma*.



вость электрофоретических спектров мицелиальных изоферментов. Измерение скорости роста грибов и расчеты коэффициента радиальной скорости роста ( $Kr$ ) проводили по описанию Л. Полянской и ее соавторов (1988). Устойчивость спор определяли по проценту проросших пикноспор после 8—20-часового воздействия металлов. Биомассу гиф мицелия рассчитывали по сухому весу, исходя из длины проросших спор. При этом считали, что 1 м грибного мицелия при диаметре гиф около 5 мкм весит  $3,9 \cdot 10^{-6}$  мг. Индекс споруляции определяли на основе подсчета спор в смыве с единицы площади колонии. Изоферментный анализ мицелиальных белков проводили, как описано в работе В. А. Тереховой и М. В. Рочева (1989).

В результате проведенных экспериментов выявлена высокая устойчивость колоний трех видов *Phoma* (*Ph. herbarum*, *Ph. glomerata*, *Ph. exigua*) к цинку и меди. Существенное снижение коэффициента радиальной скорости роста *Ph. glomerata* наблюдалось лишь при концентрации меди 100 мг/л, а двух других видов — 250—500 мг/л среды. Цинк подавлял развитие *Ph. glomerata* при концентрации 250 мг/л. Присутствие этого металла в среде во всех испытанных концентрациях приводило к увеличению радиальной скорости роста *Ph. herbarum* и *Ph. exigua*, как, впрочем, и присутствие меди в концентрациях до 2,5 мг/л (рис. 1).

Представители рода *Phoma* относятся к группе меланинсодержащих грибов, что в значительной степени обуславливает их устойчивость к экстремальным воздействиям (Жданова, Василевская, 1988), а, кроме того, по некоторым данным (Марченко, 1984), продуцирование пигмента коррелирует с вирулентностью этих грибов к рыбам. Мы провели наблюдения за изменением морфологии грибных колоний, в том числе и пигментации, в присутствии металлов. Цинк способствовал ослаблению окраски мицелия, сужению зоны пигментации вокруг колонии, а также ускорял процесс созревания пикнид, что выражалось в более раннем их потемнении. Эффект меди проявлялся в сужении зоны пигментации лишь при ее высоких концентрациях (100—500 мг/л); угнетенность развития колоний сопровождалась более поздним созреванием пикнид.

В литературе неоднократно указывалось, что присутствие металлов в значительной степени влияет на процесс спорообразования у микроскопических грибов. Так, медь, кадмий и молибден в небольших концентрациях усиливает спорообразование у некоторых видов *Penicillium*, *Trichoderma*, *Alternaria* и др. (Марфенина, Лукина, 1989; Иванюк, Свиридов, 1988). Интенсивность образования спор в пикнидах у *Phoma* мы оценивали по индексу споруляции. В среднем он составлял около 30 млн. спор/см<sup>2</sup> колонии. При добавлении в среду меди и цинка в концентрациях 25 мг/л наблюдалось значительное снижение этого показателя, при дальнейшем повышении концентрации металлов спорообразование резко уменьшалось. При статистическом анализе индексов споруляции установлено, что у всех видов данного рода этот показатель сильно варьирует.

Прорастание спор у штаммов видов *Ph. exigua*, *Ph. glomerata* и *Ph. herbarum* в присутствии цинка в среде (от 0,1 до 10 мг/л) изменялось незначительно, при

100 мг/л наблюдалось резкое снижение процента прорастания у всех штаммов, и лишь при 500 мг/л проросших спор практически не было (рис. 2, а). Заметное подавление прорастания спор *Ph. exigua* и *Ph. glomerata* медью происходит при 5 мг/л (рис. 2, б). Для спор *Ph. herbarum* и *Ph. exigua* летальной была концентрация меди 25 мг/л, а для *Ph. glomerata* — 50 мг/л. Следует отметить, что из трех видов самым чувствительным к низким концентрациям металлов был вид *Ph. glomerata* — при 0,1 и 0,5 мг/л у него наименьший процент прорастания. У *Ph. exigua* и *Ph. herbarum* в ряде случаев наблюдалась даже стимуляция прорастания спор при относительно невысоком содержании металлов в среде. Интересно, что летальный эффект для спор этих видов проявлялся при более низких концентрациях, чем для *Ph. glomerata*.

Накопление биомассы мицелия у трех испытанных видов резко подавлялось при тех же концентрациях тяжелых металлов, при которых заметно снижалось прораста-

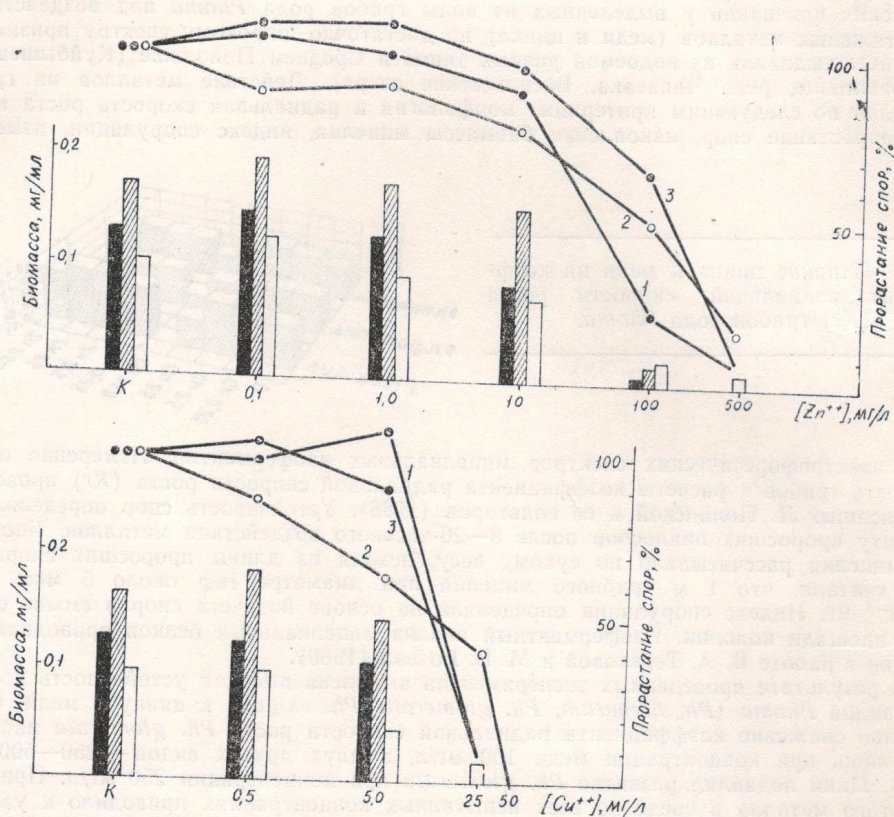


Рис. 2. Влияние цинка и меди на прорастание спор (справа) и биомассу проростков (слева) водных грибов.

1 — *Ph. herbarum*, 2 — *Ph. glomerata*, 3 — *Ph. exigua*.

ние спор (см. рис. 2), причем медь проявляла большую токсичность по сравнению с цинком. В вариантах с минимальными концентрациями цинка наблюдалось небольшое повышение накопления биомассы всех видов, а в случае с медью — только у *Ph. exigua*.

Достаточно четкая реакция на металлы была обнаружена при анализе изоферментного состава разных видов *Phoma*, причем эта реакция была видоспецифической. При электрофоретическом анализе водорастворимой фракции мицелия одного из видов (*Ph. herbarum*), выращенного в присутствии меди и цинка, в спектрах неспецифических эстераз наблюдалась элиминация широкой полосы со средней электрофоретической подвижностью. Эффект проявлялся в широком диапазоне концентраций обоих металлов (0,25—100 мг/л). Спектры неспецифических эстераз у штаммов видов *Ph. rotum*, *Ph. glomerata*, а также *Ph. medicaginis* var. *pinodella*, выросших в контрольной среде и в среде с металлами, не различались.

Изложенные выше данные позволяют сказать, что биохимические изменения в спектрах эстераз *Ph. herbarum* могут служить надежным маркером на присутствие в среде обитания по крайней мере одного из двух испытанных тяжелых металлов. Это, несомненно, важный для биологического объекта признак, поскольку он тесно связан с изменениями генотипа. Вполне отдавая себе отчет в том, что результаты лабораторных экспериментов лишь в ограниченной степени могут быть перенесены на процессы, протекающие в природных условиях, мы считаем необходимым подчерк-

нута, что подобные факты следует учитывать при прогнозировании состояния биоты в условиях постоянной нагрузки тяжелых металлов на водоем.

Анализ реакции разных видов *Phoma* на воздействие металлов на более высоком (организменном) уровне биологической организации показал, что некоторые качественные морфолого-культуральные признаки, такие как наличие пигментации вокруг колонии и интенсивность окраски мицелия, могут быть использованы для целей биоиндикации. Кстати, подобное отмечалось и для видов *Trichoderma lignorum*, *Penicillium tardum*, *Trichotecium roseum*, *Gliocladium roseum* и др. (Упитис, Пакалне, 1970; Скворцова, Якушкина, 1982).

При всей очевидности экологической значимости другой категории признаков — количественных (и скорость роста, и спорообразование влияют на общую численность грибов в водоемах), их высокая вариабельность, а следовательно, трудоемкость расчетов коэффициентов радиальной скорости роста, индексов споруляции и т. п., необходимость сбора статистически достоверного материала в большом числе повторностей делают ограниченной возможность широкого применения в биоиндикационных работах этих критериев.

Институт экологии  
Волжского бассейна РАН

Поступило в редакцию  
23 июля 1993 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Воронин Л. В. Грибы рода *Phoma* Sacc. из воды и рыб пресных водоемов. — Микология и фитопатология, 1989, 23, № 1, с. 19—27.
- Жданова Н. Н., Василевская А. И. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях. — Киев: Наукова думка, 1988. — 196 с.
- Иванюк В. Г., Свиридов А. Р. Особенности культивирования *Phoma rostrupii* и *Alternaria radicina* — возбудителей сухих гнилей моркови. — Микология и фитопатология, 1988, 22, № 6, с. 533—560.
- Марфенина О. Е., Лукина Н. Н. Влияние кадмия на некоторые почвенные микроскопические грибы и некоторые показатели их роста и развития. — Микология и фитопатология, 1989, 23, № 5, с. 434—439.
- Марченко А. М. Грибы — возбудители микоза плавательного пузыря лососевых рыб: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1984. — 16 с.
- Полянская Л. М., Тригер Е. Г., Кожевин П. А., Звягинцев Д. Г. Кинетическое описание структуры комплексов почвенных актиномицетов. — Микробиология, 1988, 57, № 5, с. 854—859.
- Скворцова И. Н., Якушкина Е. В. Устойчивость к кадмию и накопление его почвенными грибами. — В кн.: Микроорганизмы как компоненты биогеоценоза. Алма-Ата, 1982, с. 69.
- Терехова В. А., Рочев М. В. Сравнительная характеристика мицелиальных изоферментов у изолятов *Bipolaris sorokiniana* Shoem. разного происхождения. — Вестник МГУ, сер. 16. Биология, 1989, № 1, с. 68—73.
- Упитис В. В., Пакалне Дз. С. Медь в культурах микроорганизмов. — В кн.: Биологическая роль меди. М., 1970, с. 46—52.
- Ross A. J., Yasutake W. T., Leek S. *Phoma herbarum*, a fungal plant saprophyte, as a fish pathogen. — J. Fish. Res. Board Can. 1975, 32, N 9, p. 1648—1652.

УДК 581.524.3

#### СУКЦЕССИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СЕВЕРНОЙ АФРИКЕ, ПРИКАСПИИ И МОНГОЛИИ ПРИ ПАСТИЩНОЙ ДИГРЕССИИ

Ю. М. Мирошниченко

Еще в начале XX в. на юге России была выяснена большая роль выпаса в сменах растительности (Высоцкий, 1915; Пачоский, 1921). Однако многие исследователи, описывая растительность как исходную, коренную, часто опираются лишь на современную характеристику состояния растительности, без учета динамики изменений под влиянием антропогенных факторов.

Наши длительные (более 40 лет, с 1949 г.) исследования сукцессий в Западном Прикаспии с повторными описаниями и картированием на одних и тех же фиксированных участках, а также параллельные работы на огороженных невыпасаемых и выпасаемых участках в разных районах Древнего Средиземья — на Высоких плато Северной Африки, в Западном и Северном Прикаспии, в южной части Турана и