

## БИОЛОГИЯ

УДК 579

**Т. Ф. Черняковская**

### **Микробиологическая деструкция мортмассы высших растений в малом эвтрофном озере**

Изучена сукцессия микроорганизмов: бактерий эпифитно-сапротрофного комплекса, дрожжей и мицелиальных микроскопических грибов в ходе деструкции высших водных растений в малом эвтрофном озере. Оценивается вклад мицелиальных микроскопических грибов и бактерий в деструкционный процесс.

**Ключевые слова:** бактерии, мицелиальные микромицеты, дрожжи, деструкция, мортмасса растений, эпифиты-экрисотрофы, сапротрофы, сапротрофно-гидролитический комплекс.

**T. F. Chernyakovskaya**

### **Microbiological Destruction of the Higher Plants' Mortmass in a Small Eutrophic Lake**

It is studied succession of microorganisms: bacteria of the epiflora-saprotroph complex, yeast and mycelial microscopic mushrooms in the course of destruction of the higher water plants in a small eutrophic lake. The contribution of mitselial microscopic mushrooms and bacteria into the destructive process is estimated.

**Keywords:** bacteria, mitselial micromicets, yeast, destruction, mortmass of plants, epiphyte-eccrisotrophs, saprotrophs, a saprotroph-hydrolytic complex.

Важным моментом в изучении роли микроорганизмов в экосистемах является исследование деструкции органических веществ, благодаря которой к первичным продуцентам-автотрофам возвращаются исходные вещества за счет их минерализации. Деструкцию осуществляют, прежде всего, микроорганизмы [4]. В настоящее время мицелиальные эукариотные организмы – грибы – принято рассматривать как группировку, трофически ориентированную на разложение твердой фазы растительного органического вещества. Тем не менее, бактерии также участвуют в трансформации растительного опада [3, 4, 5].

В наземных экосистемах деструкция растительных остатков активно изучается, но в водных эти вопросы практически оставлены без внимания. Между тем на территории многих стран, в том числе в России, водные экосистемы составляют значительную долю их природных ландшафтов.

#### **Материалы и методы**

Изучалась динамика численности и таксономический состав аэробных и факультативно-

анаэробных прокариот эпифитно-сапротрофного комплекса, а также дрожжей и микромицетов, развивающихся на разлагающихся в водоеме листьях макрофитов двух видов – тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) и водокраса лягушачьего (*Hydrocharis morsus-ranae*). Материал для исследования отбирали в малом эвтрофирующемся озере в Заволжском районе г. Ярославля с сентября до конца ноября и после сведения льда в мае.

Использовали классический чашечный метод посева образцов из серийных разведений на плотные питательные среды: рыбо-пептонный агар (РПА) для учета общей численности сапротрофных бактерий, крахмало-аммиачный агар (КАА) для выявления бактерий с амилитическими свойствами, сусло-агар (рН 5,0) для учета численности мицелиальных грибов. Для определения численности целлюлозоразрушающих бактерий использовали среду с карбоксиметилцеллюлозой и жидкую среду Гетчинсона, в которую по 1 мл помещали соответствующие разведения микроорганизмов. Для более полного выделения грибов и выявления их способности к спороно-

шению в водной или воздушной среде использовали методы накопительной культуры в воде и метод влажной камеры.

### Результаты и обсуждение

В течение всего периода исследования отмечали высокие показатели численности всех исследуемых групп прокариот на мортмассе по сравнению с живыми растениями. При учете на РПА на тростнике количество бактерий возросло с  $2,10 \times 10^8$  в сентябре до  $7,35 \times 10^9$  КОЕ/г (колонии, образующие единицы на 1 г субстрата) в мае. Количество бактерий, развивающихся на

водокрасе, увеличилось за осенние месяцы на два порядка: с  $6,57 \times 10^7$  до  $1,15 \times 10^9$  КОЕ/г. Выявлено общее увеличение численности бактерий с амилитическими свойствами: с  $4,66 \times 10^8$  и до  $8,55 \times 10^9$  КОЕ/г на тростнике и с  $2,66 \times 10^7$  до  $1,98 \times 10^9$  КОЕ/г на водокрасе. Численность бактерий, разрушающих целлюлозу, на исследуемых субстратах увеличилась за один месяц на два порядка. В мае численность бактерий и грибов определялась только на листьях тростника, так как листья водокраса сильно разрушились и перешли в состояние детрита (табл. 1).

Таблица 1

Численность бактерий эпифитно-сапротрофного комплекса (КОЕ/г) при учете на разных средах на тростнике обыкновенном и водокрасе лягушачьем

| Дата проведения эксперимента | КАА               |                   | РПА               |                   | Среда Гетчинсона |          |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------|
|                              | тростник          | водокрас          | тростник          | водокрас          | тростник         | водокрас |
| 3.10.98                      | $4,66 \cdot 10^8$ | $2,66 \cdot 10^7$ | $2,10 \cdot 10^8$ | $6,57 \cdot 10^7$ | $10^6$           | $10^3$   |
| 10.10.98                     | $1,8 \cdot 10^9$  | $8,74 \cdot 10^7$ | $1,4 \cdot 10^8$  | $3,3 \cdot 10^8$  | $10^8$           | $10^5$   |
| 25.10.98                     | $2,45 \cdot 10^9$ | $1,98 \cdot 10^9$ | $1,46 \cdot 10^8$ | $1,15 \cdot 10^9$ | $10^{10}$        | $10^5$   |
| 10.05.99                     | $8,55 \cdot 10^9$ | *                 | $7,35 \cdot 10^9$ | *                 | $10^9$           | *        |

Условные обозначения: \* – не определяли.

Таксономическое разнообразие прокариот на мортмассе растений, которое было определено на среде РПА, за период исследования также возросло.

На начальных этапах сукцессии преобладали типичные эпифиты-экрисотрофы, распространенные на живых растениях и питающиеся их прижизненными выделениями: протеобактерии р. р. *Erwinia*, *Flavobacterium* и *Pseudomonas*, использующие в своем метаболизме белки, нуклеиновые кислоты, сахара. Выявлены также единичные представители сапротрофных бактерий-гидролитиков: р. *Cytophaga* и грамположительные бактерии р. *Bacillus*, среди которых встречаются виды, способные разрушать межклеточные вещества растений и целлюлозу [3, 6].

В дальнейшем доля протеобактерий на обоих субстратах уменьшалась, и в конце ноября и мае (на тростнике) доминировали бактерии из эколо-

го-трофической группы гидролитиков, участвующие в деструкции растительной мортмассы и, как известно, способные использовать полимеры полисахаридной природы. Выявленные в это время грамположительные бактерии р. р. *Cel-lulomonas*, *Bacillus*, скользящие бактерии из порядка *Mucobacterales* и протеобактерии р. *Cytophaga* разлагают целлюлозу [3, 6]. Гидролиз крахмала осуществляет широкий спектр прокариот, но все они относятся к экологотрофической группе гидролитиков. Высокие показатели численности бактерий с амилитическими свойствами, зарегистрированные на протяжении всего периода исследования, свидетельствуют об активном характере микробиологической деструкции исследуемых субстратов.

Таблица 2

Численность дрожжей на тростнике обыкновенном и водокрасе лягушачьем при учете посева на сусло-агаре

| Дата проведения эксперимента | Общая численность |      |                   |      | Численность <i>Aureobasidium pullulans</i> |      |                   |      |
|------------------------------|-------------------|------|-------------------|------|--|------|-------------------|------|
|                              | Тростник<br>КОЕ/г | %    | Водокрас<br>КОЕ/г | %    | Тростник<br>КОЕ/г                          | %    | Водокрас<br>КОЕ/г | %    |
| 3.10.98                      | $6,4 \cdot 10^4$  | 63,6 | $6,9 \cdot 10^4$  | 88,6 | $2,4 \cdot 10^4$                           | 36,4 | $0,8 \cdot 10^4$  | 11,4 |
| 10.10.98                     | $2,3 \cdot 10^5$  | 38,1 | $2,6 \cdot 10^3$  | 86,8 | $1,4 \cdot 10^5$                           | 61,9 | $0,3 \cdot 10^3$  | 13,2 |
| 25.10.98                     | $4,4 \cdot 10^5$  | 97   | $6,0 \cdot 10^5$  | 100  | $0,2 \cdot 10^5$                           | 3    | -                 | -    |
| 10.05.99                     | $8,1 \cdot 10^4$  | 100  | -                 | -    | -  | -    | -                 | -    |

Условные обозначения: – не выявлено.

Общая численность дрожжей в течение эксперимента была высокой. Отмечено ее повышение на один порядок с сентября до конца ноября: с  $6,4 \cdot 10^4$  до  $4,4 \cdot 10^5$  КОЕ/г – на тростнике и с  $6,9 \cdot 10^4$  до  $6,0 \cdot 10^5$  КОЕ/г – на водокрасе. На начальных этапах сукцессии преобладали дрожжи р. *Rhodotorula*, а представители р. р. *Trichosporon*, *Cryptococcus* и *Aureobasidium* (*A. pullulans*) были единичными. С середины октября доля последних значительно возросла и они стали доминирующей группой. Известно, что некоторые виды р. р. *Rhodotorula* и *Cryptococcus* – фитобионты, адаптированные к обитанию на поверхности живых растений. Многие виды р. р. *Trichosporon* и *Cryptococcus* относятся к типичным сапробионтам. Они характеризуются отно-

сительно высокой гидролитической активностью и принимают участие в деструкции растительных остатков на средних и поздних стадиях [1]. Колонии *A. pullulans* учитывали отдельно. Организмы этого вида «черных дрожжей» одинаково широко распространены и как эпифиты-эксрисотрофы на живых листьях, и как активные гидролитики, разлагающие пектины, гемицеллюлозы и клетчатку на мортмассе растений, где они растут в мицелиальной форме [1]. Максимальное их количество обнаружено в середине октября на тростнике, где они составляли более половины всех выявленных дрожжевых организмов – 62 %, на водокрасе – 13 %.

Таблица 3

Численность микромицетов на тростнике обыкновенном и водокрасе лягушачьем при учете посева на сусло-агаре

| Дата отбора образцов | Общая численность |                  |
|----------------------|-------------------|------------------|
|                      | тростник          | водокрас         |
| 3.10.98              | $6,4 \cdot 10^4$  | $3,6 \cdot 10^4$ |
| 10.10.98             | $11,5 \cdot 10^5$ | $3,2 \cdot 10^4$ |
| 25.10.98             | $13,3 \cdot 10^4$ | $5,4 \cdot 10^4$ |
| 10.05.99             | $5,4 \cdot 10^4$  | *                |

Условные обозначения: \* – не определяли.

Что касается мицелиальных микромицетов, то их численность, при посеве на сусло-агаре, в течение всего эксперимента практически не изме-

нялась за исключением начала октября на тростнике, когда она возросла на один порядок. На тростнике зафиксировано в сентябре –  $6,4 \cdot 10^4$ ; в

октябре –  $11,5 \times 10^5$ ; в ноябре –  $13,3 \times 10^4$ ; в мае –  $5,4 \times 10^4$  КОЕ микромицетов на 1 г субстрата. На водокрасе их численность в период исследования составляла от  $3,6 \times 10^4$  до  $5,4 \times 10^4$  КОЕ/г.

На первых этапах сукцессии (сентябрь, октябрь) на мортмассе тростника и водокраса доминировали терригенные грибы р. р. *Phoma*, *Trichoderma* и *Fusarium*. Вероятно, они колонизировали листья растений еще в воздушной среде. Выраженной функциональной активности в воде эти грибы не проявляют. В октябре микобиота на листьях тростника была представлена терригенными р. р. *Phoma* и *Cladosporium*, а также истинно водными грибоподобными организмами р. *Saprolegnia*, утилизирующими, главным образом, белки и липиды. В ноябре на фоне доминирования терригенных грибов р. *Cladosporium* обнаружены целомицеты р. *Stagonospora* и аскомицеты р. *Leprosphaeria* – адаптированные к водным условиям грибы, некоторые виды которых проявляют лигно-целлюлазную активность [2].

Таким образом, в ходе деструкции мортмассы макрофитов эвтрофирующегося озера наблюдается сукцессия бактерий и дрожжей, которая характеризуется высокими показателями численности этих организмов и увеличением их таксо-

номического разнообразия. Отмечено постепенное увеличение количества микроорганизмов с гидролитическими свойствами.

Численность мицелиальных грибов на протяжении всего периода исследования была стабильной. Доминировали терригенные грибы, не проявляющие функциональную активность в водной среде.

Микромицеты, адаптированные к водной среде, выявлены на заключительном этапе эксперимента. Их таксономическое разнообразие невелико.

Из результатов эксперимента следует, что, по-видимому, ведущую роль в деструкционных процессах эвтрофирующихся озер осуществляет прокариотный блок микроорганизмов. Вклад микроскопических мицелиальных грибов в трансформацию растительной мортмассы является гораздо менее значительным. Дрожжи, как и в наземных экосистемах, являются спутниками гидролитиков, утилизируя побочные продукты гидролиза.

В заключение выражаю благодарность Л. В. Воронину за помощь в идентификации мицелиальных грибов.

#### Библиографический список

1. Бабьева, И. П., Чернов, И. Ю. Биология дрожжей [Текст] / И. П. Бабьева, И. Ю. Чернов. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 221 с.
2. Воронин, Л. В. Сукцессии комплексов грибов на отмерших растительных субстратах в малых озерах Воркутинской тундры [Текст] / Л. В. Воронин // Микология и фитопатология. – 2007. – Т. 41. – Вып. 5. – С. 403–412.
3. Добровольская, Т. Г. Структура бактериальных сообществ почв [Текст] / Т. Г. Добровольская. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2002. – 282 с.
4. Добровольская, Т. Г., Скворцова, И. Н., Лысак Л. В. Методы выделения и идентификации почвенных бактерий [Текст] / Т. Г. Добровольская, И. Н. Скворцова, Л. В. Лысак. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 70 с.
5. Заварзин, Г. А., Колотилова, Н. Н. Введение в природоведческую микробиологию [Текст] / Г. А. Заварзин, Н. Н. Колотилова. – М. : Книжный дом «Университет», 2001. – 256 с.
6. Звягинцев, Д. Г., Бабьева, И. П., Зенова, Г. М. Биология почв [Текст] / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.