

10. Заугольнова Л.Б. Структура популяций семенных растений и проблемы их мониторинга: автореф. дис. ... д.б.н. – СПб., 1994. – 70 с.

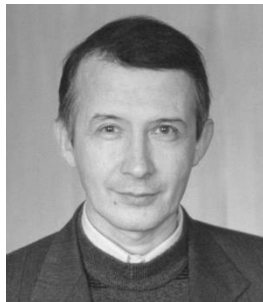
**References**

1. Konspekt flory Yakutii. Sosudistye rasteniya. – Novosibirsk, 2012. – 272 s.  
 2. Telyatev V.V. Tselebnye klady: rasteniya, produkty zhivotnogo i mineralnogo proiskhozhdeniya Tsentralnoy Sibiri i ikh lechebnye svoystva. – Irkutsk: Vostochno-Sibirskoe knizh. izd-vo, 1991. – 400 s.  
 3. Stankov S.S. Dikorastushchie poleznye rasteniya SSSR. – M.: Sovetskaya nauka, 1951. – 316 s.  
 4. Beydeman I.N. Metodika izucheniya fenologii rasteniy i rastitelnykh soobshchestv. – Novosibirsk: Nauka, 1974. – 154 s.  
 5. Danilova N.S. Introduktsionnoe izuchenie rasteniy prirodnoy flory Yakutii: metodicheskoe posobie uchebno-proizvodstvennoy i proizvodstvennoy praktike. – Yakutsk: Yakutskiy gos. un-t, 2002. – 41 s.  
 6. Ilyushechkina N.V., Miklyaeva T.V., Grosheva N.P. i dr. Ontogenez sinyukhi goluboy (*P. caeruleum* L.) // On-

togeneticheskiy atlas lekarstvennykh rasteniy. – Yoshkar-Ola: MarGU, 1997. – S. 133-137.

7. Tsenopopulyatsii rasteniy: osnovnye ponyatiya i struktura / otv. red. k.b.n., prof. T.I. Serebryakova. – M.: Nauka, 1976. – 217 s.  
 8. Tsenopopulyatsii rasteniy: ocherki populyatsionnoy biologii / sost. L.B. Zaugolnova, L.A. Zhukova, A.S. Komarova. – M.: Nauka, 1988. – 184 s.  
 9. Zhivotovskiy L.A. Ontogeneticheskoe sostoyanie, effektivnaya plotnost i klassifikatsiya populyatsiy // Ekologiya. – 2001. – № 1. – S. 3-7.  
 10. Zaugolnova L.B. Struktura populyatsiy semennykh rasteniy i problemy ikh monitoringa: avtoref. diss. ... d.b.n. – SPb., 1994. – 70 s.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологических проблем криолитозоны СО РАН на 2017-2020 гг. по теме «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии» (№ госрегистрации АААА-А17-117020110056-0).*



УДК 543.068.8:615.077

**В.В. Рогожин, Ю.В. Рогожин**  
 V.V. Rogozhin, Yu.V. Rogozhin

**РОЛЬ ЗООГЛЕИ *MEDUSOMYCES GISEVII* В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СИМБИОТИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ**

**THE ROLE OF ZOOGLOEA OF *MEDUSOMYCES GISEVII* IN THE ACTIVITY OF THE SYMBIOTIC COMMUNITY OF MICROORGANISMS**

**Ключевые слова:** *Medusomyces gisevii*, Quorum sensing, бактериальная целлюлоза, биопленки, культуральные среды, симбиотические сообщества, микроорганизмы, электропроводимость, кислотность среды.

Изучена продуктивность симбиотического сообщества микроорганизмов *Medusomyces gisevii* в условиях искусственной питательной среды при различных концентрациях сахара и экстрактов чая или кофе. Исследованы процесс формирования на поверхности культуральной жидкости зооглеи *Medusomyces gisevii* и ее роль

в продуктивности симбионта. Показано, что основной структурный элемент зооглеи – биоцеллюлоза образуется преимущественно в течение первых 7-14 сут. культивирования. На скорость биосинтеза биоцеллюлозы *Medusomyces gisevii* влияли как концентрация питательного субстрата, так и природа экстракта чая и кофе. При этом компоненты экстракта кофе оказывают наибольшую активизирующую способность на сообщество микроорганизмов, что проявляется в возрастании величин электропроводимости и резком закислении культуральной среды. Кроме того, установлено, что при внесении в искус-

ственную питательную среду сформировавшейся зооглеи происходит активизация деятельности симбиотического сообщества микроорганизмов, проявляемая в резком закислении культуральной среды и ускорении синтетических процессов, обусловленных в целом увеличением массы зооглеи.

**Keywords:** *Medusomyces gisevii*, quorum sensing, bacterial cellulose, biofilms, culture media, symbiotic communities, microorganisms, electrical conductivity, medium acidity.

The productivity of the symbiotic community of microorganisms of *Medusomyces gisevii* under the conditions of artificial nutrient medium at various concentrations of sugar and tea and coffee extracts was studied. The process of zoogloea formation on the surface of the culture liquid of *Medusomyces gisevii* and its role in symbiotic productivity

were studied. It is shown that the main structural element of zoogloea is biocellulose, and it is formed mainly during the first 7-14 days of cultivation. Biosynthesis rate of biocellulose of *Medusomyces gisevii* was influenced both by the concentration of the nutrient substrate and by the nature of the tea and coffee extracts. In this case, the components of coffee extract have the greatest activating capacity on the community of microorganisms which is manifested in the increased values of electrical conductivity and dramatic acidification of the culture medium. In addition, it has been found that when the formed zoogloea is introduced into the artificial nutrient medium, the activity of the symbiotic community of microorganisms is activated; it is manifested in the dramatic acidification of the culture medium and acceleration of the synthetic processes which in general result in increased in zoogloea mass.

**Рогожин Василий Васильевич**, д.б.н., проф., Якутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: vrogozhin@mail.ru.

**Рогожин Юрий Васильевич**, ст. преп., Якутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: vrogozhin@mail.ru.

**Rogozhin Vasiliy Vasilyevich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Yakutsk State Agricultural Academy. E-mail: vrogozhin@mail.ru.

**Rogozhin Yuriy Vasilyevich**, Asst. Prof., Yakutsk State Agricultural Academy. E-mail: vrogozhin@mail.ru.

### Введение

*Medusomyces gisevii* представляет собой симбиотическое сообщество микроорганизмов, состоящее преимущественно из различных видов дрожжей и уксуснокислых бактерий. Симбионт активно используется в медицине, фармацевтике, пищевой промышленности и химических производствах.

В целом составными частями сообщества являются культуральная жидкость, зооглея, мезоглея и осадок. Особая роль в деятельности *Medusomyces gisevii* отводится зооглеи, основу которой составляет бактериальная целлюлоза (БЦ). Последняя имеет пористую структуру, верхняя часть которой имеет гладкую или шероховатую поверхность, с индивидуальным видом рисунка. Характер и особенности рельефа рисунка для каждого симбионта индивидуальны и зависят от условий культивирования и видового состава *Medusomyces gisevii*. В нижней части зооглея обычно имеет многослойную структуру, к которой прикрепляются свисающие в культуральную жидкость нитевидные образования. В этом слое протекает деятельность симбиотического сообщества микроорганизмов [1].

В структуре зооглеи локализуются колонии уксуснокислых бактерий *Gluconacetobacter xylinus*, которые являются основными бактериями, располагающие комплексом ферментов, осуществля-

ющих биосинтез бактериальной целлюлозы. Субстратами для синтеза биоцеллюлозы могут быть моносахариды (глюкоза, фруктоза, маннит, ксилит, галактоза, сорбит и др.), дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза и др.), спирты (этанол, метанол, глицерин и др.). При этом ключевым субстратом симбионта служит глюкоза, которая после фосфорилирования включается в состав биополисахарида – бактериальной целлюлозы. Биоцеллюлоза формируется за счет последовательного присоединения молекул глюкозы друг к другу, связанных между собой за счет  $\beta$ -1,4-гликозидных связей. Зооглея обладает регенерирующей способностью и может восстанавливаться при частичном повреждении, а также формироваться вновь при полном или частичном погружении в культуральную жидкость. Если часть зооглеи подтопить в питательную среду, то образование на свободной поверхности новой зооглеи идет как с подтопленного конца, так и во всем свободном пространстве до тех пор, пока полисахарид полностью не заполнит всю поверхность питательной среды.

*Gluconacetobacter xylinus* относится к группе аэробных, грамотрицательных бактерий, которые имеют вид изогнутой палочки, размером 0,6-4,0 мкм [2].

В составе зооглеи кроме субстратов и структурных элементов целлюлозы могут присутство-

вать липиды, витамины, ферменты, функциональные белки и другие биогенные молекулы. Спектр их очень разнообразен и зависит от видового состава симбионта [3].

Матрикс зооглеи имеет многослойную структуру, представленную в виде микрофибрилл, в которой за счет диффузии перемещаются как биогенные молекулы, так и бактерии. Кристаллическая структура биоцеллюлозы представлена в виде двух модификаций: I $\alpha$  (64%) и I $\beta$  (36%) [4].

Бактериальная целлюлоза *Medusomyces gisevii* очень сильно гидроскопична и может содержать от 88 до 98% влаги.

Образование зооглеи зависит от природы и концентрации питательных субстратов и состава компонентов экстрактов чая и других растений, объема и величины площади поверхности культуральной жидкости, природы и объема инокулята, а также pH и температуры среды. Формирование и функционирование зооглеи протекает в несколько этапов:

1) первичное закрепление бактерий, синтезирующих БЦ, на поверхности культуральной жидкости, образование ассоциатов преимущественно уксуснокислых бактерий;

2) инициирование процесса биосинтеза БЦ, который вначале проявляется в формировании точечных структурных образований биоцеллюлозы на поверхности питательной среды;

3) разрастание и слияние на поверхности среды точечных образований биоцеллюлозы в единую структуру, заполняющую всю поверхность культуральной среды;

4) формирование многослойного образования БЦ, в структуре которого появляются проводные каналы с заселенными в них микроорганизмами;

5) осуществление активной согласованной деятельности симбиотического сообщества микроорганизмов, продуцирующих в окружающую среду продукты своей жизнедеятельности (органические соединения, белки, ферменты и др.).

В этой симбиотической системе наблюдается последовательное превращение метаболических субстратов и происходит накопление в среде конечных продуктов метаболизма микроорганизмов, в частности, органических кислот, среди которых преобладает уксусная кислота. В результате этих действий среда закисляется и повышается ее электропроводимость [5]. При этом активность симбионта понижается из-за изменения его качественно-количественного состава.

Биопленка защищает симбионты от действия УФ облучения, закисления среды, осмотического шока, высыхания, действия антибактериальных средств (антибиотикам, антисептикам, дезинфектантам) и других физических, химических и биологических факторов, обеспечивая, таким образом, выживание бактерий симбионта в экстремальных условиях среды через состояние метаболического покоя. Фильтрующая способность биопленки способствует замедлению диффузии антибактериальных веществ в матрикс зооглеи [6, 7].

Биосинтез бактериальной целлюлозы, в случае благоприятной температуры и насыщенности питательной среды, может инициироваться уже на вторые сутки культивирования *Medusomyces gisevii* и наиболее активно протекает в среднем в течение 5-14 сут. Активаторами *Glucanacetobacter xylinum* являются этанол, а также лимонная и аскорбиновая кислоты. Кроме того, активность уксуснокислых бактерий возрастает при наличии в питательной среде сульфата аммония, гидрофосфата натрия, сульфата магния и других солей [8-10].

**Цель исследования** – изучить особенности формирования на поверхности культуральной жидкости зооглеи *Medusomyces gisevii* и установить ее роль в продуктивности симбионта в условиях искусственной питательной среды.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования по определению электропроводимости (W) были выполнены на кондуктометре COM-100 фирмы НМ Digital (Южная Корея). pH растворов измеряли на pH-метре ОР-211/1 (Венгрия), а массу зооглеи определяли на весах фирмы Ohaus Corporation (США). Для калибровки кондуктометра использовали растворы KCl. В измерениях электропроводимости растворов применяли величины ppm (мг/л). Все экстракты были приготовлены на дистиллированной воде.

В качестве инокулятов использовались симбиотические культуры *Medusomyces gisevii*, выращенные на сахаре в соответствующем экстракте. Все исследования проводились при 25°C в течение 26 или 42 сут.

На первом этапе исследований было изучено влияние различных концентраций сахара (5-25%) на рост и продуктивность зооглеи, используя питательную среду объемом 1,0 л, с экстрактом черного чая (2 г/л).

На втором этапе изучено формирование зооглеи в питательной среде объемом 1,0 л, с концентрацией сахара 5%, экстрактами черного чая (2 г/л) или кофе (2 г/л), а также содержанием 20% инокулята (варианты: черный чай 1, 2, 3 и кофе 1).

На третьем этапе зооглею из предыдущих вариантов переносили на новые питательные среды объемом 1,0 л с концентрацией сахара 5% и экстрактами черного чая (2 г/л) или кофе (2 г/л), в следующей последовательности: зооглею с чая черного 1 в питательную среду с чаем черным 1,1, чая черного 2 – в чай черный 2,1, чая черного 3 – в кофе 3,1, кофе 1 – в кофе 1,1.

Массу влажной зооглеи определяли путем взвешивания гель-пленки после удаления с поверхности избытка влаги.

Все биологические эксперименты были выполнены в четырех аналитических повторностях. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программы «Statistica».

### Результаты и их обсуждение

В производственных условиях культивирования *Medusomyces gisevii* используется преимущественно сахар. Поэтому изучили влияние содержания сахара в питательной среде с экстрактом черного чая на продуктивность симбионта (рис. 1). Видно, что при концентрации сахара в среде 5 или 10% отмечается наиболее высокие величины электропроводимости.

Следует отметить, что значения электропроводимости исследуемых растворов зависели от содержания сахара в культуральной жидкости и возрастали по мере того, как уменьшалось его содержание в среде (рис. 1). Самые высокие величины электропроводимости регистрировались для раствора с 5%-ным содержанием сахара. Влияние концентрации сахара на продуктивность *Medusomyces gisevii* показано на рисунке 2. Из данных по динамике кривых видно, что наибольшая продуктивность симбионта проявляется при содержании в питательной среде сахара в пределах 5%. Эти данные полностью соответствуют величинам, приводимым в литературе [6]. Следует отметить, что значения величин масс зооглеи наиболее высокие их значения приходится при культивировании *Medusomyces gisevii* на питательной среде, содержащей 10-15% сахара. Присутствие в среде высоких концентраций сахара способствует понижению электропроводимости и угнетает активность бактерий, участвующих в

процессе биосинтеза бактериальной целлюлозы (рис. 3).

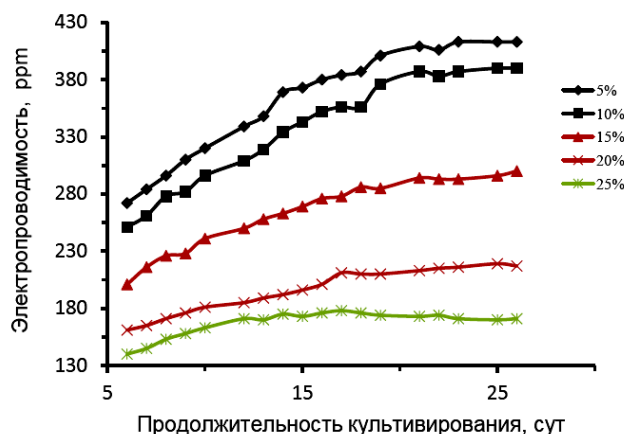


Рис. 1. Динамика электропроводимости от времени культивирования *Medusomyces gisevii* при различных концентрациях сахара

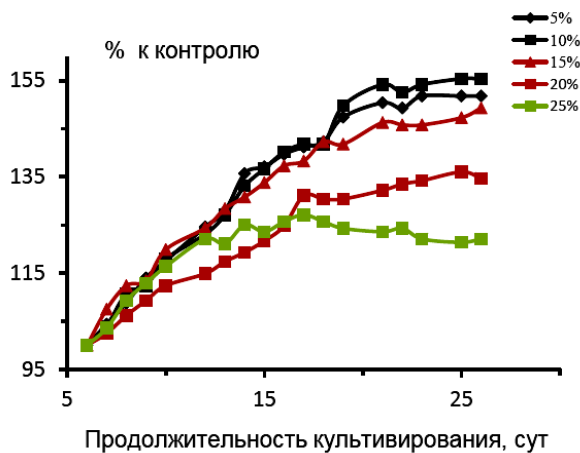


Рис. 2. Динамика процента к контролю величин электропроводимости от времени культивирования *Medusomyces gisevii* при различных концентрациях сахара

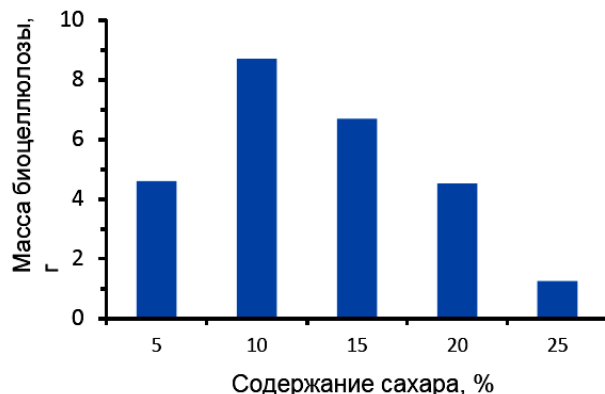


Рис. 3. Величины массы бактериальной целлюлозы, продуцируемой *Medusomyces gisevii*, в зависимости от процентного содержания сахара в питательной среде



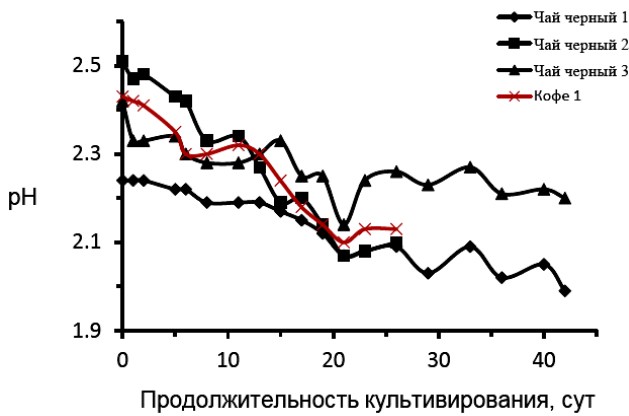


Рис. 4. Динамика pH от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в разных питательных средах с формирующейся зооглеей

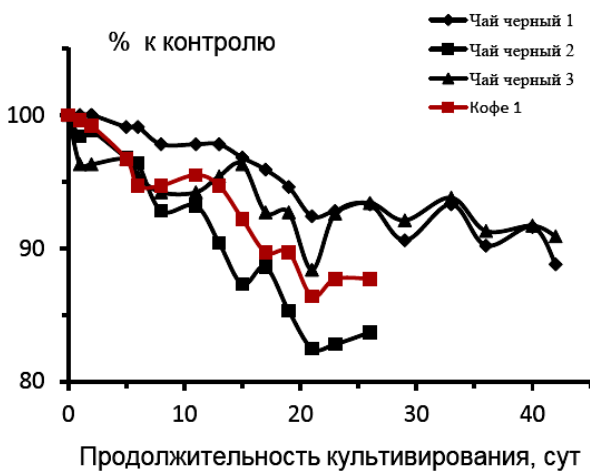


Рис. 5. Динамика процента к контролю величин pH от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах с формирующейся зооглеей

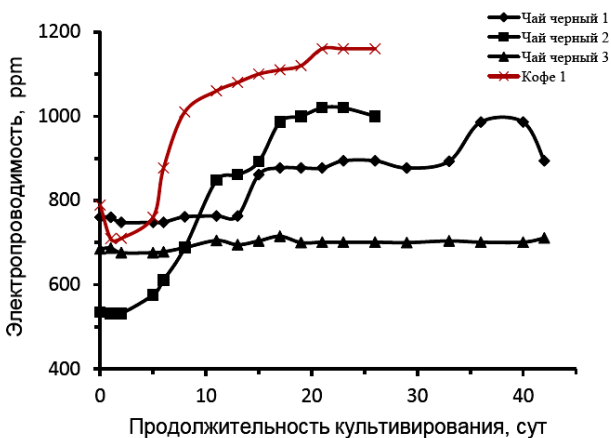


Рис. 6. Динамика электропроводимости от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах с формирующейся зооглеей

Продуктивность *Medusomyces gisevii* в отсутствии и в присутствии в питательной среде зооглеи оценивались по изменению величин pH и электропроводимости. Ранее нами было показана,

но, что эти параметры изучаемой системы при активной продуктивности *Medusomyces gisevii* находятся во взаимной корреляции, которая проявляется в обратной зависимости [5]. Для оценки роста зооглеи в пробы с экстрактами черного чая (чай черный 1, 2 и 3) и кофе (кофе 1) вносили 20% инокулята. Культивирование сред *Medusomyces gisevii* проводили в течение 26 и 42 сут. (рис. 4-7). Затем сформировавшиеся зооглеи переносили в питательные среды с 5%-ным сахаром и экстрактами черного чая (черный чай 1,1 и 1,2) и кофе (кофе 3,1 и 1,1). Суть опыта состояла в том, чтобы зооглею экстрактов черного чая 1 и 2 помещали в питательную среду с аналогичными экстрактами черного чая (черный чай 1,1 и 1,2) или зооглею из кофе 1 переносили в среду с экстрактом кофе (кофе 1,1). Кроме того, зооглею из культуральной среды черного чая 3 помещали в питательную среду с экстрактом кофе (кофе 3,1), т.е. в среду с другими компонентами питательной среды (рис. 8-11).

Из рисунков 4-7 видно, что по мере культивирования симбионта наблюдается понижение величин pH и возрастание значений электропроводимости. При этом следует отметить индивидуальную динамику изменения величин pH и электропроводимости, которые проявляли обратную коррелятивную зависимость. Причем наибольшие изменения значений исследуемых величин мы наблюдали в первые 18-20 сут.

Перенос зооглеи на новые питательные среды способствовал активизации деятельности симбионта, которая проявилась в резком понижении величин pH и электропроводимости культивируемой жидкости (рис. 8, 10).

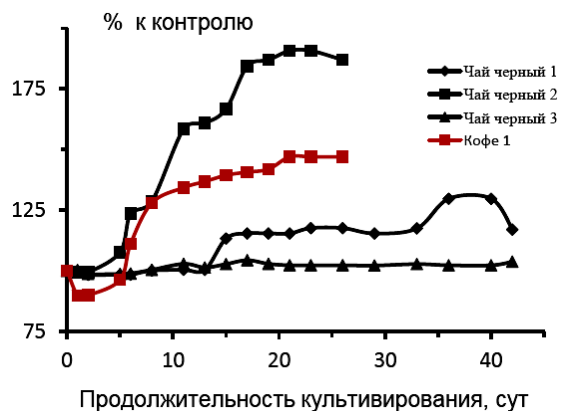


Рис. 7. Динамика процента к контролю величин электропроводимости от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах с формирующейся зооглеей

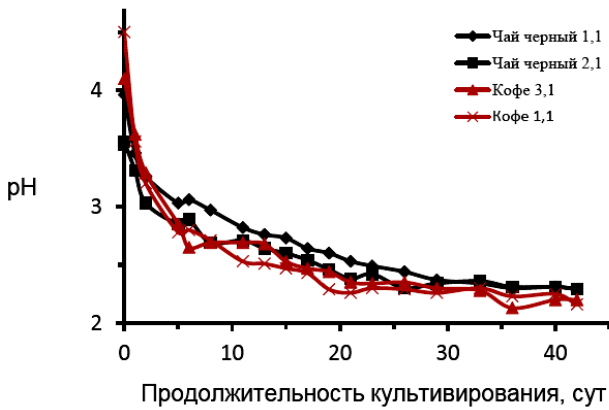


Рис. 8. Динамика pH от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в разных питательных средах с зооглей

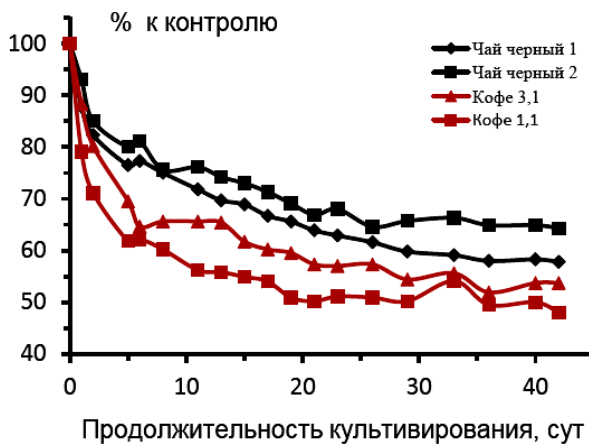


Рис. 9. Динамика процента к контролю величин pH от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах с зооглей

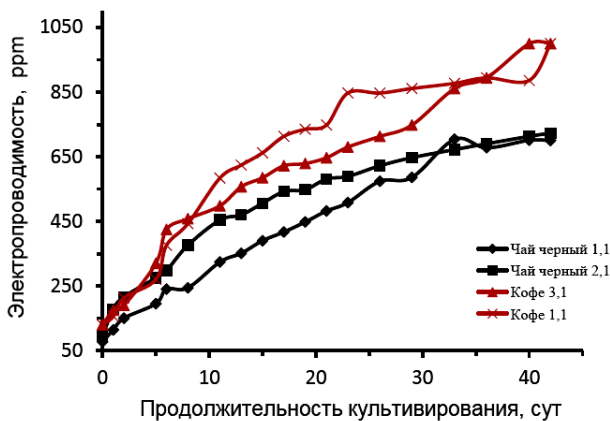


Рис. 10. Динамика электропроводимости от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах с зооглей

Причем после внесения в питательную среду инокулята деятельность *Medusomyces gisevii* в течение всего опыта способствовало понижению pH среды всего на 9,1-12,3% (рис. 5), а электро-

проводимость возрастала на 3,8-90,7% (рис. 7). Однако при добавлении в питательную среду зооглеи активность симбионта резко возросла, что проявилось в уменьшении pH среды на 35,7-52,0% (рис. 9), а электропроводимость увеличилась в 7,5-9,1 раз (рис. 11).

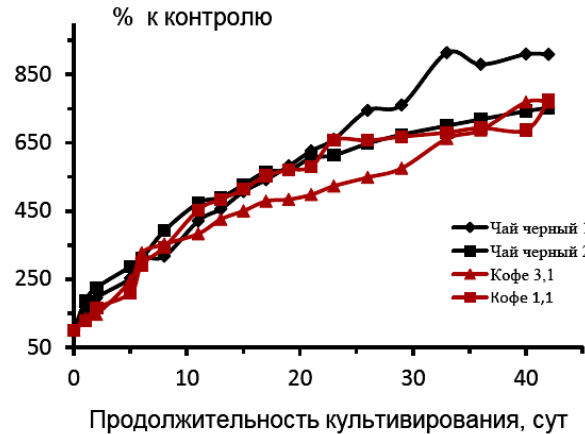


Рис. 11. Динамика процента к контролю величин электропроводимости от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах с зооглей

Величины pH, электропроводимости и массы влажных зооглей исходных растворов экстрактов черного чая и кофе приведены в таблице. Видно, что массы зооглей очень сильно варьируются. При этом наибольшей массой обладают зооглеи, сформировавшиеся при культивировании симбионта в среде с экстрактами черного чая (чай черный 1, 2 и 3). Зооглеи, выросшие в экстракте кофе (кофе 1), в 1,92-2,64 раза были меньше, чем при культивировании в экстрактах черного чая.

Таким образом, при добавлении в питательную среду инокулята уксуснокислые бактерии *Medusomyces gisevii* проявляют прежде всего свою активность в построении биоцеллюлозы, которая будет выполнять роль матрицы, обеспечивающей жизнедеятельность симбиотического сообщества микроорганизмов в культуральной жидкости в процессе культивирования. Однако, если в питательную среду вносится сформировавшаяся зооглея, то вначале происходит активизация метаболической активности микроорганизмов симбионта, иммобилизованных в структуре бактериальной целлюлозы, а в дальнейшем качественно-количественный состав симбионта и его метаболическая активность в культуральной жидкости будут зависеть уже от природы и концентрации питательного субстрата и компонентов экстрактов питательной среды.

Величины pH, электропроводимости питательных сред и массы зооглеи, помещенных в эти среды

Исходные растворы	Параметры питательной среды		Масса зооглеи, г		Прирост массы зооглеи
	pH	W	начало опыта	конец опыта	
Чай черный 1,1	5,82	69	13,72	69,22	5,0
Чай черный 2,1	5,86	72	16,74	133,88	8,0
Кофе 3,1	5,10	123	18,80	79,64	4,2
Кофе 1,1	5,19	122	7,12	54,35	7,6

### Выводы

1. При внесении в питательную среду инокулята симбионт на начальных этапах культивирования в течение 7-14 сут. расходует основной пластический материал среды на биосинтез биоцеллюлозы, а затем сформировавшийся матрикс бактериальной целлюлозы используется для совместной деятельности микроорганизмов сообщества.

2. Концентрация питательного субстрата и природа экстракта чая и кофе оказывают влияние на деятельность *Medusomyces gisevii*. При этом компоненты экстракта кофе проявляют наибольшую активирующую способность на сообщество микроорганизмов, что можно наблюдать в возрастании величин электропроводимости и резком закислении среды.

3. Внесение в питательную среду сформировавшейся зооглеи способствует активизации деятельности симбиотического сообщества микроорганизмов, что проявляется как в резком изменении параметров среды (pH и электропроводимости), так ускорении синтетических процессов, обуславливающих в целом возрастание массы зооглеи.

### Библиографический список

1. Hestrin S., Schramm M. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. 2. Preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose // *Biochem. J.* – 1954. – Vol. 58 (2). – P. 345-352.  
 2. Klemm D., Schumann D., Udhardt U., Marsch S. Bacterial synthesized cellulose-artificial blood vessels for

microsurgery // *Prog. Polym. Sci.* – 2001. – Vol. 26. – P. 1561-1603.

3. Nge T.T., Sugiyama J. Surface functional groups dependent apatite formation on bacterial cellulose microfibrils network in a simulated body fluid // *J. Biomed. Mater. Res.* – 2007. – Vol. 81 (1). – P. 124-134.

4. Czaja W., Krystynowicz A., Bielecki S., Brown R.M. Jr. Microbial cellulose – the natural power to heal wounds // *Biomaterials.* – 2006. – Vol. 27 (2). – P. 145-151.

5. Рогожин Ю.В., Рогожин В.В. Использование кондуктометрического метода для контроля за продуктивностью *Medusomyces gisevii* // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2017. – С. 518-520.

6. Даниелян Л.Т. Чайный гриб (*Kombucha*) и его биологические особенности. – М.: Медицина, 2005. – 176 с.

7. Ross P., Mayer R., Benziman M. Cellulose biosynthesis and function in bacteria // *Microbiol. Rev.* – 1991. – Vol. 55 (1). – P. 35-58.

8. Masaoka S., Ohe T., Sakota N. Production of cellulose from glucose by *Acetobacter xylinum* // *Journal of Fermentation and Bioengineering.* – 1993. – Vol. 75 (1). – P. 18-22.

9. Goh W.N., Rosma A., Kaur B., Fazilah A., Karim A.A., Rajeev B. Fermentation of black tea broth (*Kombucha*): I. Effects of sucrose concentration and fermentation time on the yield of microbial cellulose // *International Food Research Journal.* – 2012. – Vol. 19 (1). – P. 109-117.

10. Lee K.Y., Buldum G., Mantalaris A., Bismarck A. More than meets the eye in bacterial cellulose: biosynthesis, bioprocessing, and applications in advanced fiber composites // *Macromol. Biosci.* – 2014. – Vol. 14 (1). – P. 10-32.

References

1. Hestrin S., Schramm M. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. 2. Preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose // *Biochem. J.* – 1954. – Vol. 58 (2). – P. 345-352.
2. Klemm D., Schumann D., Udhardt U., Marsch S. Bacterial synthesized cellulose-artificial blood vessels for microsurgery // *Prog. Polym. Sci.* – 2001. – Vol. 26. – P. 1561-1603.
3. Nge T.T., Sugiyama J. Surface functional groups dependent apatite formation on bacterial cellulose microfibrils network in a simulated body fluid // *J. Biomed. Mater. Res.* – 2007. – Vol. 81 (1). – P. 124-134.
4. Czaja W., Krystynowicz A., Bielecki S., Brown R.M. Jr. Microbial cellulose – the natural power to heal wounds // *Biomaterials.* – 2006. – Vol. 27 (2). – P. 145-151.
5. Rogozhin Yu.V., Rogozhin V.V. Ispolzovanie konduktometricheskogo metoda dlya kontrolya za produktivnostyu *Medusomyces gisevii* // *Tr. XVI Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Strategicheskie napravleniya razvitiya APK stran SNG».* – Barnaul, 2017. – S. 518-520.
6. Danielyan L.T. Chaynyy grib (Kombucha) i ego biologicheskie osobennosti. – M.: Meditsina, 2005. – 176 s.
7. Ross P., Mayer R., Benziman M. Cellulose biosynthesis and function in bacteria // *Microbiol. Rev.* – 1991. – Vol. 55 (1). – P. 35-58.
8. Masaoka S., Ohe T., Sakota N. Production of cellulose from glucose by *Acetobacter xylinum* // *Journal of Fermentation and Bioengineering.* – 1993. – Vol. 75 (1). – P. 18-22.
9. Goh W.N., Rosma A., Kaur B., Fazilah A., Karim A.A., Rajeev B. Fermentation of black tea broth (Kombucha): I. Effects of sucrose concentration and fermentation time on the yield of microbial cellulose // *International Food Research Journal.* – 2012. – Vol. 19 (1). – P. 109-117.
10. Lee K.Y., Buldum G., Mantalaris A., Bismarck A. More than meets the eye in bacterial cellulose: biosynthesis, bioprocessing, and applications in advanced fiber composites // *Macromol. Biosci.* – 2014. – Vol. 14 (1). – P. 10-32.

