

УДК 577.3

ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ФОТОБАКТЕРИЙ В ПЕРИОДЫ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Бержанская Л.Ю., Бержанский В.Н., Старчевская Т.Г., Чубов И.И.

Способность живых организмов к адаптации в изменяющихся условиях окружающей среды является важным свойством существования биологических видов. Множественные функциональные изменения, наблюдаемые иногда в некоторых из них связывается рядом исследователей с действием аномальных возмущений геомагнитного поля Земли и других космофизических факторов. Вопросам корреляции биологических и физико-химических процессов с космическими и гелио-геофизическими факторами были посвящены сначала Пушкинские, а затем и Крымские международные симпозиумы, семинары и конференции [1]. Подобная корреляция на примере многолетних наблюдений за морфологическими изменениями (образование секторной структуры) колониальной культуры *S. aureus* представлена в работе [2]. Связь генетических нарушений в клеточных культурах различного филогенитического происхождения с возрастанием уровня космических лучей установлена в работе [3]. Корреляционная зависимость образования новых экоформ и вирулентных штаммов болезнетворных организмов с периодами аномальных изменений поля Земли показана в [4,5]. Появление в такие периоды морфофункциональных изменений в клеточных популяциях фотобактерий [6-10] также свидетельствует о высокой чувствительности живых организмов к внезапным воздействиям космофизических факторов.

В настоящей работе проводится исследование и анализ морфологических и функциональных изменений в культуре морских светящихся бактерий в периоды аномальных изменений геомагнитного поля, а также при воздействии на клетки искусственных магнитных возмущений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Люминесцентная активность и морфологические изменения в культуре фотобактерий (*Ph. Belozerskii*) изучались на клоновой культуре, выращенной на стандартной твердой питательной среде. Во время магнитных бурь и их предвестников слежение за изменениями световой активности бактерий проводили на колониальной популяции клеток с помощью люминометра, а пассирование культуры осуществляли в течение всего периода повышенной геомагнитной активности. При возникновении нестационарной световой активности клеток делались контрольные рассевы культуры с последующим подсчетом числа колониобразующих единиц и анализом их форм. Искусственные «магнитные

бури» создавались на автоматизированной установке в специальной гипомагнитной камере, в которой проводилась магнитная обработка культуры. Рост контрольных образцов осуществлялся в экранированном термостатированном блоке. Морфологические и функциональные изменения в культуре фотобактерий оценивались на основе стандартных микробиологических тестов, а также по наличию тусклых и темновых ревертантов и нетипичных для данного штамма колониальных форм. Вариации магнитного поля измерялись лабораторным ферромодуляционным датчиком и сопоставлялись с данными Центра геофизических исследований ИЗМИРАНа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании сенсорных свойств светящихся бактерий ранее (6) была обнаружена закономерность изменений световой активности клеток в периоды повышенной геомагнитной активности. В магнитоспокойные дни, когда среднесуточные вариации магнитного поля не превышают 0,5%, биолюминесценция клоновой культуры фотобактерий обычно имела стационарные характеристики. При наличии магнитных бурь свечение клеток резко менялось более чем за сутки до начала возмущения, а при длительном возмущении геомагнитного поля обнаруживало ряд характерных закономерностей. Изменение интенсивности свечения клеток зависело как от вида бури, так и ее продолжительности и имело, как правило, двухфазный характер. В начальной стадии развития бури свечение культуры резко возрастало на несколько порядков, а при значительном уменьшении геомагнитного поля затухало почти до нуля. При многодневном воздействии бури регистрировались синхронные амплитудно-модулированные колебания светового сигнала, что позволяет предположить наличие в спектре колебаний магнитной бури низкочастотных резонансных составляющих, близких к собственной частоте светового сигнала клеток [7].

Воздействие геомагнитных возмущений на культуру фотобактерий приводит к существенным морфофункциональным изменениям в популяции клеток. В рассевах колониальной культуры в эти периоды фиксировались многочисленные темновые мутанты (Т-мутанты). При последующем пассировании они частично подвергались реверсии к исходному штамму (К-варианты), но часть клеток не восстанавливала световую функцию, образуя при неоднократных пересевах стойкие темновые мутанты. Среди Т-мутантов обнаружены нетипичные для данного штамма «точечные» колониальные формы. Низкие скорости роста Т-мутантов в наших экспериментах и тенденция к изменению места локализации на питательной среде (колонии росли под агаровой пленкой) может свидетельствовать об угнетении дыхательной функции клеток. В культуре фотобактерий были зафиксированы многочисленные гетероморфные колонии, а также бесформенные «аморфные» образования, окруженные «дочерними» колониями, которые при дальнейшем пассировании не давали жизнеспособных форм. Появление таких измененных колониальных образований периодически наблюдалось в культуре фотобактерий во время внезапных магнитных аномалий.

Корреляция морфофункциональных изменений в культуре фотобактерий с периодами аномальных геомагнитных возмущений, наблюдаемая в течение многих

ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ФОТОБАКТЕРИЙ В ПЕРИОДЫ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

лет, позволяет предположить наличие «провоцирующих» факторов, запускающих механизм образования тусклых и темновых мутантов. Появление множественных новых нетипичных колониальных форм от «точечных» до «аморфных» свидетельствует об определенных тенденциях в динамике нарушений клеточной популяции, связанных с образованием плеоморфных клеточных форм. Возникновение «спонтанных» темновых мутантов (К-вариантов) в неконтролируемой геомагнитной обстановке наблюдалось в клонных музейных культурах светящихся бактерий и ранее [11].

Были проведены эксперименты по воздействию на культуру фотобактерий искусственных магнитных возмущений. В группе экспериментов, проведенных в режиме имитации магнитной бури - резкого возрастания магнитного поля от 50 до 300 нТл, а затем его снижения в течение нескольких часов, обнаруживалось изменение ростовых и световых функций бактерий, а также уменьшение числа выживаемых клеток до 25-30% по сравнению с контрольными образцами.

По результатам полученных данных о количественных и качественных изменениях в популяции светящихся бактерий предложена обобщенная формула, учитывающая как гетерогенность популяции, так и образование гетероморфных колоний, а также динамику процесса модификации клонной культуры:

$$F = 1/N \cdot \sum_{i=1}^N f_i$$
, N – количество всех колоний, f_i - функция модификации

отдельной колонии, которая определяется как $f_i = K_1(1 - S_i/S_0) + K_2(R - 1) + K_3 \cdot S_{hi}/S_0$, K_1, K_2, K_3 – весовые коэффициенты различных видов модификации, S_0 – площадь неизменной колонии, S_i – площадь, измененной колонии, S_{hi} – площадь анизотропной части измененной колонии, R – коэффициент отклонения от окружности, определяемый как $R = P^2/4\pi S_{pol}$, P – периметр границы колонии, S_{pol} – площадь колонии. Для неизменных форм колоний, когда $S_i=S_0$, $S_{hi}=0$, $R=1$, функция $f_i = 0$. Учитывая численные соотношения различных измененных колониальных форм в культуре, можно определять основные тенденции динамики процесса модификации популяции. Так в периоды продолжительных магнитных бурь численные значения обобщенной функции F достигают 0.7-0.9.

ВЫВОДЫ

Обычно гомогенная по форме и размерам колоний клонная культура фотобактерий *Ph. belozerskii* претерпевает в периоды геомагнитных возмущений существенные изменения, связанные с появлением гетерогенности и гетероморфности в популяции клеток, а также с образованием нетипичных для исходного штамма плеоморфных и «точечных» форм. Наличие тусклых вариантов, а также «стойких» темновых мутантов, свидетельствует о наличии значительной модификации клеточных популяций в аномально возмущенных геомагнитных условиях. К частичной модификации культуры приводит также действие искусственной магнитной бури созданной в лабораторных условиях в специальной гипомагнитной камере.

Список литературы

1. Корреляция биологических и физико-химических процессов с космическими и гелио-геофизическими факторами //Тез.док.- Пушкино.-1996.-С.176.
2. Faraone P. The Daily Observations (1970-1992) of Frequency Fluctuations of Occurrence of Sector Structure in Bacteria Colonies, Selected from Open Air and from Cultures S.aureus // Biophysics.- 1995.- Vol.40, №4.- P.786-792.
3. Белишева Н.К., Попова А.Н. Динамика морфофункционального состояния клеточных культур при вариациях геомагнитного поля в высоких широтах //Биофизика.-1995.-Т.40, вып.4.- С.755-764.
4. Чернощеков К.А., Лепехин А.В., Чернощеков М.А. Некоторые закономерности образования новых экоформ энтеробактерий в условиях геомагнитных возмущений // Биофизика, - 2001. - Т. 46, вып.5. - С 885-893.
5. Дмитровский А.М., Шейкин А.О., Кугач И.В. Современные представления о космо-гелиозависимости природно-очаговых проявлений холеры //Тез.док. Космическая экология и ноосфера.- Паренит.-1999.-С. 41.
6. Berzhanskaya L.Yu., Beloplotova O.Yu., Berzhansky V.N., Electromagnetic Field Effect on Luminescent Bacteria //IEEE Transact. Magnet. - 1995. – Vol.31, №6. – P.4274.
7. Berzhanskaya L.Yu., Berzhansky V.N., Beloplotova O.Yu., Pi'nikova T.G. and Metlyayev T.N. Bacterial Bioluminescent Activity as a Pointer to Geomagnetic Disturbances //Biophysics.- 1995.- Vol.40. - №6. - P.761-764.
8. Berzhanskaya L.Yu., , Berzhansky V.N. and Starchevskaya T.G. Nonstationary Behavior of Bacterial Bioluminescence during Geomagnetic Field Disturbances //Biophysics.- 1998. - Vol.43. - №5. - P.737-740.
9. Berzhanskaya L.Yu., Starchevskaya T.G., Berzhansky V.N., Chubov I.I., Potapov E.V. The simulation of magnetic disturbances action on Photobacteria metabolism //Abstr. Cosmos and Biosphere.- Partenit.- 2001.- P.137.
10. Berzhanskaya L.Yu., Starchevskaya T.G., Chubov I.I. Modeling of Electromagnetic Effect on Metabolism of Luminescent Bacteria. //Abstr. Cosmos and Biosphere.- Partenit.- 2003.- P.131.
11. Keynan A., Hastings W. The Isolation and Characterization of Dark Mutants of Luninescent Bacteria // Biol.Bull.-1961.-Vol.121.- P.375.

Поступила в редакцию 12.12.2003 г.