

ЗНАЧЕНИЕ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ

Климова Т.А., Барышева Е.С.

**Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное
учреждение высшего образования**

«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

Для роста и размножения микроорганизмов, а, следовательно, и для их питания, необходимы различные химические соединения, растворенные в воде. По количественному вкладу в построение клетки различают макроэлементы и микроэлементы. К макроэлементам относят 10 элементов таблицы Менделеева: углерод, водород, кислород, азот, серу, калий, кальций, фосфор, магний, железо. Микроэлементы нужны бактериям в малых, следовых, количествах. Они представлены марганцем, молибденом, цинком, медью, кобальтом, никелем, хлором, бромом и некоторыми другими металлами, и неметаллами. Большинство из них содержится в виде примесей в макроэлементах. Некоторые бактерии могут обходиться и без микроэлементов [1].

Термин «эссенциальный» представляет собой производное от латинского слова «*essentia*», что означает «сущность». В применении к микроэлементам это указывает на их жизненную важность. Однако далеко не все микроэлементы являются эссенциальными. Значительное число микроэлементов токсичны. Эссенциальными, т. е. жизненно необходимыми, являются следующие микроэлементы: железо, медь, цинк, марганец, хром, селен, молибден, йод, кобальт, фтор. Элемент считается эссенциальным, если при его отсутствии или при недостаточном содержании организм перестает расти и развиваться, не может осуществлять свой жизненный цикл [2].

Рассмотрим основную роль следующих эссенциальных элементов: железо, цинк, марганец, магний и медь. Также к данным элементам можно применить термин «тяжелые элементы – металлы» с относительной плотностью более 5 [3].

Так ионы цинка играют важную роль в развитии скелета, принимают участие в нуклеиновом обмене, стабилизации нуклеиновых кислот, белков и особенно компонентов биологических мембран, а также в обмене витамина А и С.

Ионы марганца принимают участие в белковом, жировом и минеральном обменах веществ, катализатором процессов дыхания растений, принимают участие в процессе фотосинтеза. Исходя из высокого окислительно-восстановительного потенциала марганца можно предположить, что ионы марганца играют такую же роль для растительных клеток, как ионы железа – для животных.

Ионы меди влияют на рост и развитие, их порфириновые соединения служат звеном при синтезе гемоглобин. Также ионы меди необходимы для всасывания ионов железа и воздействуют на метаболизм таких витаминов, как В1, С, А. Она необходима для жизнедеятельности растительных организмов.

Почти вся медь листьев сосредоточена в хлоропластах и тесно связана с процессами фотосинтеза [4].

Ионы железа участвуют в клеточном дыхании, обеспечивающем нормальное функционирование тканей и организма, а также выполняют важную для организма газотранспортную функцию – переносят экзогенный кислород и эндогенный углекислый газ [5].

Также металлы выполняют свои функции, образуя металлокомплексы с биополимерами. В качестве примера можно привести железосвязывающие белки трансферин, который выполняет функцию переноса трехвалентного железа, и ферритин, который образует запас соединений железа в клетке.

Являясь составной частью биополимеров ионы металлов, также способны осуществлять свои функции.

Так, ионы металлов входят в состав ферментов, точнее, в состав простетической группы, которая отвечает за активность ферментов. Примером такого фермента может служить цитохромоксидаза, который содержит в составе своей молекулы ион меди [6].

Особый интерес вызывает взаимодействие ионов металлов с микроорганизмами.

Существуют два варианта локализации ионов металлов, так одни элементы, такие как медь, связываются в основном с клеточной поверхностью, другие же элементы, например, железо, проникают внутрь клетки.

Как и говорилось ранее, некоторые ионы металлов являются жизненно необходимыми для микроорганизмов.

Так, например, ионы железа входят в состав 86 % белков микроба *Ferroplasma acidiphilum*, обитателя пиритовых месторождений. Ионы железа в белках ферроплазмы не являются какой-то необязательной или второстепенной примесью. Исследователи показали, что аккуратное удаление ионов железа из этих белков приводит к сильному изменению их вторичной структуры (денатурации) и потере функциональной активности.

При рассмотрении закономерностей взаимодействия ионов металлов с микроорганизмами необходимо также учитывать токсическое воздействие ионов металлов на микроорганизмы.

Основным проявлением токсического воздействия на микроорганизмы является задержка их роста и размножения, а также проявление бактерицидности ионов металлов, что ведет к гибели микроорганизмов.

Выделяют несколько механизмов токсического действия тяжелых металлов на микроорганизмы:

- ионы тяжелых металлов могут играть роль антиметаболитов, в результате чего ингибируются определенные биохимические процессы, что сопровождается нарушением функции клеток и торможением клеточного роста;
- ионы тяжелых металлов могут образовывать стабильные осадки (или хелаты) с важными метаболитами или катализировать распад таких метаболитов, в результате чего они становятся недоступными для клетки;
- ионы тяжелых металлов способны замещать структурно или электрохимически важные элементы, что приводит к нарушению ферментативной или клеточной функции [7].

Известно, что микроорганизмы при взаимодействии с ионами тяжелых металлов способны их накапливать.

Микроорганизмы накапливают металлы по разным причинам. Известно, что микроорганизмы могут использовать металлы в качестве источников микроэлементов, энергии или акцепторов электронов. При окислении восстановленных соединений металлов, по крайней мере, некоторые микроорганизмы могут извлекать полезную энергию и восстанавливающую способность. При восстановлении окисленных соединений металлов ряд микробов осуществляет процесс, который является, по-видимому, своеобразной формой дыхания.

Так же предполагается, что накопление ионов тяжелых металлов микроорганизмами является способом их детоксикации, которое осуществляется путем специфического связывания металла с особыми полимерами, синтез которых может индуцироваться тяжелыми металлами, когда они выступают в роли стрессовых факторов. В результате окислительно-восстановительных процессов микроорганизмы переводят металлы из ионной формы в металлическую, образуя комплексы с органическими и неорганическими соединениями. Это отчасти напоминает механизм самозащиты, выработанный некоторыми морскими водорослями, которые умеют обезвреживать токсичные соединения мышьяка, связывая их с промежуточными продуктами фотосинтеза и откладывая в клеточных мембранах в виде безвредных производных. Такое же положение и здесь: металл, отложенный в клеточной стенке в кристаллическом виде или в виде плохо растворимых соединений, оказывается безвредным для бактерии.

Способность микроорганизмов аккумулировать тяжелые металлы играет важную роль и в экологических взаимоотношениях микроорганизмов. Примером может служить обитающая в Атлантике, у берегов Флориды, цианобактерия *Gomphosphaeria aponia*. Для своей жизнедеятельности она нуждается в железе, которое запасается на «черный день» откладывая в виде гидроокисей на своей клеточной оболочке. Такая способность дает ей преимущество перед живущей в тех же водах нитчатой водорослью *Gymnodinium breve*, которая нуждается в железе, но накапливать его в достаточном количестве не может. Поэтому размножение цианобактерий приводит к массовой гибели их конкурентов.

Говоря о способности к накоплению тяжелых металлов нужно сказать, что, микроорганизмы являются настоящими рекордсменами по извлечению металлов из окружающей среды. В природных условиях встречается большое количество микроорганизмов, которые адсорбируют от 30 до 40 % ионов тяжелых металлов на своей поверхности.

Так, бактерии рода *Zooglea*, например, штамм *Z. ramigera* способен аккумулировать до 170 мг ионов меди на 1 г сухой биомассы, ионов никеля – до 16,3 мг/г, ионов кадмия – до 16,3 мг/г и ионов хрома до 25 мг/г сухой биомассы [8, 9].

Установлено, что пурпурные несерные бактерии (*Rhodobacter spp.*, *Rhodopseudomonas spp.*) и пурпурные серобактерии (*Ectothiorhodospira spp.*) способны аккумулировать более 99,7 % ионов меди, цинка, никеля, а также более 30 % ионов ртути, проявляя разную устойчивость к этим металлам. Еще более высокую способность к биосорбции ионов металлов проявляли зеленые водоросли *Chlorella spp.* [10].

Некоторые микроорганизмы рода *Penicillium* так, например, *P. luteum* и *P. hrysogenum* способны накапливать Au, Ag, Fe, Pb, Cu, Co, Ni, Mn и Zn, при этом доля металлов может составлять до 54 % сухой биомассы [11].

Так, штамм *P. putida* накапливает ионы меди в количестве до 100 мг/г сухого веса бактериальной биомассы.

В настоящее время наибольший интерес по способности аккумулировать металлы вызывают бактерии рода *Bacillus*.

Список литературы

1. Характеристика основных потребностей микроорганизмов в макроэлементах и микроэлементах [Электронный ресурс]. – Биология и естествознание. – Москва : BioFine, 2016. – Режим доступа : <http://www.biofine.ru>. – 10.02.16.
2. Питание микроорганизмов [Электронный ресурс]. – Микробиология – в помощь микробиологу. – Москва : 2010. – Режим доступа : <http://microbiologu.ru>.
3. Ливинская, С. А. Разработка метода подготовки проб атомно-абсорбционному спектральному анализу для определения содержания тяжелых металлов в растительных маслах / С. А. Ливинская, П. В. Владимирский, В. П. Данильчук // Вестник ВГУ. – 2005. – № 2. – С. 38-42.
4. Агаджанян, Н. А. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека / Н. А. Агаджанян, А. В. Скальный – М.: изд-во КМК, 2001. – 84 с. - ISBN 5-87317-080-0.
5. Милаевой, Е. Р. Металлы в бимолекулярной химии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.chem.msu.su>. – 05.12.09.
6. Безруков, М. Г. Взаимодействие металлов с белками / М. Г. Безруков, А. М. Белоусова, В. А. Сергеев // Успехи химии. – 2000. – Т. 51. – № 4. – С. 696-711.
7. Lodeiro, P. Biosorption of cadmium by biomass of brown marine macroalgae / P. Lodeiro, B. Cordero, J.L. Barriada, R. Herrero // Bioresource Technology. – 2005. – V. 96. – № 16. P. 1796-1803.
8. Макаров, А. У микроба ферроплазмы почти все белки содержат железо [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elementy.ru/news/430429>. – 20.11.09.
9. Верховцева, Н. В. Образование бактериями магнетина и магнитотаксис / Н. В. Верховцева // Успехи микробиологии. – 2002. – Т. 25. – № 5. – С. 51-59.
10. Гоготов, Н. И. Аккумуляция ионов металлов и деградация поллютантов микроорганизмами и их консорциумами с водными растениями / И. Н. Гоготов // Экология промышленного производства. – 2005. – № 2. – С. 33-37.

11. Буракаева, А. Д. Роль микроорганизмов в очистке сточных вод от тяжелых металлов: Методическое пособие / А. Д. Буракаев, А. М. Русанов, В. П. Лантух – Оренбург: ОГУ, 2000. – 52 с.

