

**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ *SPIRULINA PLATENSIS*
В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ КОБАЛЬТА****В.А. Новикова**, 3 курсНаучный руководитель – **И.А. Ильючик**, к.б.н., доцент**Полесский государственный университет**

Спирулина (*Spirulina platensis*) – нитевидная сине-зелёная водоросль группы цианобактерий, широко культивируемая во многих странах. Благодаря уникальному химическому составу биомассы: белки (50,8%), витамины С, Е и группы В, свободные аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, эссенциальные фосфолипиды, полисахариды (15,7%), пигменты – фикоцианин С (9–15%), каротиноиды (30–180 мг %), хлорофилл *a* [1, с. 112–119], используется как пищевая добавка в рационе человека и животных, в медико-биологических процедурах лечебного и профилактического характера [2, с. 16].

Кобальт является истинным биоэлементом, выполняющий ряд специфических функций. Например, участвует во многих ферментативных реакциях, входит в состав витамина В₁₂, кобальтовых коэнзимов, метилкорриноидов [3, с. 92].

Известно, что недостаток кобальта у микроводорослей не вызывало существенных изменений в росте и развитии [4, с. 43]; при внесении в среду культивирования КI приводило к некоторому снижению их продуктивности [5, с.112–116], а в присутствии Zn(NO₃)₂ – к накоплению биомассы [6, с.10].

Однако, в литературных источниках недостаточно информации о концентрационной зависимости физиологических процессов спирулины от наличия ионов кобальта в среде культивирования.

Цель работы – раскрыть особенности влияния ионов кобальта на накопление биомассы *Spirulina platensis*.

Объектом исследования служила культура *S. platensis* штамм IBCE S-2 из коллекции Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси.

Водоросль выращивала в стеклянных ёмкостях объёмом 100 мл на питательной среде Заррука [7], при температуре окружающей среды 25 ± 1 °С, с ежедневным барботажем два раза в сутки. Для освещения использовали люминесцентную лампу Т8 36W/765; чередование световых и тем-

новых фаз – 12ч/12ч. Оптическую плотность культуры определяли спектрофотометрически на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ.

В питательную среду дополнительно вносили соль $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ до конечной концентрации ионов Co^{2+} $1,5 \cdot 10^{-11}$, $1,5 \cdot 10^{-9}$, $1,5 \cdot 10^{-7}$, $1,5 \cdot 10^{-5}$, $1,5 \cdot 10^{-3}$, $1,5 \cdot 10^{-1}$ М. Питательная среда контрольного варианта №1 солей кобальта не содержала, а в контроле №2 (среда Зарука) его концентрация составляла $1,5 \cdot 10^{-7}$ М.

На 1, 3, 5, 7, 9, 11-е сутки роста определяла биомассу культуры по методике [8, с. 453–457]. Исходная биомасса спирулины во всех образцах – 60 мг/л.

Все исследования проведены девятикратно. Полученные результаты обработаны статистически по t-критерию Стьюдента.

В контроле № 1, отсутствие ионов кобальта в питательной среде, не сказалось негативно на культуре, спирулина на протяжении 11-и суток накапливала биомассу. На 3, 5, 7, 9, 11-и сутки уровень биомассы увеличился в 1,8, 5,0, 8,7, 16,0 и 24,0 раза, соответственно, в сравнении с 1-и сутками культивирования (Таблица).

Таблица – Динамика биомассы в культуре *Spirulina platensis* при добавлении в питательную среду ионов кобальта

Концентрации Co^{2+} , мг/л	Биомасса, мг/л		
	1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки
Контроль 1	77,6 ± 4,0	137,2 ± 6,7 [#]	391,4 ± 8,6
$1,5 \cdot 10^{-1}$	культура погибла	–	–
$1,5 \cdot 10^{-3}$	66,3 ± 3,4	культура погибла	–
$1,5 \cdot 10^{-5}$	76,9 ± 4,6	193,6 ± 8,6*	219,7 ± 5,8* [#]
$1,5 \cdot 10^{-7}$ (контроль 2)	76,0 ± 2,6	199,9 ± 4,3*	399,1 ± 4,3
$1,5 \cdot 10^{-9}$	75,4 ± 5,0	101,4 ± 3,8 [#]	364,2 ± 3,7
$1,5 \cdot 10^{-11}$	74,1 ± 4,2	131,4 ± 7,4 [#]	341,8 ± 8,5 [#]
Концентрации Co^{2+} , мг/л	7-е сутки	9-е сутки	11-е сутки
Контроль 1	677,8 ± 7,2 [#]	1254,5 ± 2,9 [#]	1883,6 ± 8,4
$1,5 \cdot 10^{-1}$	–	–	–
$1,5 \cdot 10^{-3}$	–	–	–
$1,5 \cdot 10^{-5}$	173,6 ± 6,9* [#]	культура погибла	–
$1,5 \cdot 10^{-7}$ (контроль 2)	532,2 ± 8,5*	987,2 ± 3,4*	1592,3 ± 6,5
$1,5 \cdot 10^{-9}$	459,5 ± 3,7*	901,5 ± 6,1*	1288,3 ± 4,7*
$1,5 \cdot 10^{-11}$	608,1 ± 6,6 [#]	1130,5 ± 8,3 [#]	1551,8 ± 3,7

Примечание: * – изменения статистически достоверны при $P \leq 0,05$, относительно контроля 1; # – изменения статистически достоверны при $P \leq 0,05$, относительно контроля 2

При внесении в среду культивирования нитрата кобальта накопление биомассы *S. platensis* происходило неоднозначно. Так, при высоких его концентрациях культура погибала: при $1,5 \cdot 10^{-1}$ М – на 1-е сутки, $1,5 \cdot 10^{-3}$ – на 3-и сутки, $1,5 \cdot 10^{-5}$ – на 9-е сутки.

При концентрации соли $1,5 \cdot 10^{-5}$ М на 3, 5-е сутки уровень биомассы увеличивался в 2,5 и 2,9 раза, соответственно, в сравнении с 1-и сутками, но на 7-е сутки биомасса уменьшалась в 13 раз, в сравнении с 5-ми сутками, хотя по отношению к 1-м суткам наблюдалось ее увеличение в 2,2 раза.

В контроле № 2, в присутствии ионов Co^{2+} ($1,5 \cdot 10^{-7}$ М), культура на протяжении 11-и суток культивирования активно накапливала биомассу. На 3, 5, 7, 9, 11-и сутки уровень биомассы увеличился в 2,6, 5,3, 7,0, 13,0, 21,0 раза соответственно, в сравнении с 1-и сутками культивирования.

В сравнении с контролем 1 *S. platensis* на среде Зарука накапливала биомассу медленнее, кроме 3-их суток (+45,7%), так на 9 и 11-е сутки наблюдалось угнетение роста на 21,3% и 15,5% соответственно.

При концентрации эффектора $1,5 \cdot 10^{-9}$ М на 3, 5, 7, 9, 11-е сутки уровень биомассы увеличился в 1,3, 5,0, 6,0, 12,0 и 17,0 раза соответственно, а при $1,5 \cdot 10^{-11}$ М – увеличение было в 1,8, 4,6, 8,2, 15,3, 21,0 раз соответственно, в сравнение с 1-и сутками.

В сравнении с контролем 2, на начало культивирования значимых изменений в биомассе во всех образцах не наблюдалось.

На 3-и сутки при двух минимальных концентрациях наблюдалось снижение биомассы на 49,3 и 34,3% соответственно, но в дальнейшем, до 9-х суток, наблюдался рост в сравнении с контролем 2. Так, при концентрации ионов кобальта $1,5 \cdot 10^{-11}$ М на 7 и 9-е сутки уровень биомассы был выше, чем в контроле 2 на 14,3 и 14,5% соответственно.

Уменьшение биомассы происходило на 3, 5, 7-е сутки при концентрации эффектора $1,5 \cdot 10^{-5}$ М на 3,2, 45, 67,4% соответственно; при концентрации $1,5 \cdot 10^{-9}$ М – на 3 49,3, 8,7, 13,7, 8,7% соответственно в сравнении с контролем 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что удаление ионов кобальта из среды культивирования не способствует угнетению накопления биомассы *S. platensis*, что согласуется с ранее известными данными [4]. Высокие концентрации эффектора $1,5 \cdot 10^{-1}$ – $1,5 \cdot 10^{-3}$ М, приводят к гибели культуры. Оптимальными концентрациями ионов кобальта в среде культивирования спирулины являются $1,5 \cdot 10^{-7}$ – $1,5 \cdot 10^{-11}$ М.

Список использованных источников

1. Методики идентификации различных пигментов и количественного спектрофотометрического определения суммарного содержания каротиноидов и белка в фитомассе *S. platensis* (Nords.) Geilt /Первушкин С.В., Куркин В.А., Воронин А.В. [и др.] // Растительные ресурсы: журнал, 2002. – № 1. – С. 112–119.

2. Тренкеншу, Р.П. Технология промышленного культивирования спирулины / Р. П. Тренкеншу, Р. Г. Геворгиз. – Севастополь, 2004. – 16 с.

3. Волошко, Л.Н. Оценка чувствительности штаммов золотистых водорослей (*Chrysophyta*) к ионам тяжёлых металлов / Л.Н. Волошко, О.Я. Чаплыгина // Астраханский вестник экологического образования. – 2016. – №4 (38).

4. Упитис, В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания микроводорослей / В. Упитис. – Рига: Зинатне, 1983. – 240 с.

5. Влияние солей кобальта на содержание биологически активных веществ в биомассе спирулины / А.В. Котинский, Л.А. Чернухина, Г.В. Донченко и др.// Укр. біохімі. журн. – 2004. – Т. 76, № 2. – С. 112–116.

6. Попова, В.В. Влияние селена и цинка на рост *Spirulina Platensis* и оптимизация внутриклеточного накопления этих элементов: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.23. – Москва, 2004 – 91 с.

7. Геворгиз, Р.Г. Методика выделения *Arthrospira (Spirulina) platensis* (Nordstedt) Gomont в альгологически чистую культуру / Р.Г. Геворгиз, О.А. Меметшаева, Д.Ю.Романова // Вопросы современной альгологии: журнал, 2018. – № 1 (16).

8. Sasaki, K. Promotive effect of 5-aminolevulinic acid on the growth and photosynthesis of *Spirulina platensis* / K. Sasaki [et all.] // Journal of Fermentation and Bioengineering, 1995. – Vol. 79. – N. 5.