

Дж. А. Оганесян, К. А. Микаелян, М. Н. Барсегян

ДЕЙСТВИЕ ВЫСОКИХ ДОЗ СУЛЬФАТА МАГНИЯ, КАЛИЯ И НАТРИЯ НА РОСТ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕ- ЛИ ХЛОРЕЛЛЫ

Вопросу минерального питания хлореллы посвящено большое количество исследований, в которых ему отводится роль управляющего фактора регулирования скорости роста и изменения биохимического состава синтезируемого вещества. Менее изучены особенности роста и обмена веществ у хлореллы в растворах с нарушением физиологической уравнированности среды в результате резкого увеличения концентрации только одной соли.

Подобного рода исследования имеют важное значение при определении устойчивости, жизнеспособности и продуктивности клеток, выявлении связи между содержанием минеральных элементов в клетке и питательной среде. Разрешение этих вопросов важно также для управляемого биосинтеза и использования водорослей с целью очистки сточных вод.

В настоящей работе приводится сравнительная характеристика роста и биохимического состава хлореллы (*Chlorella pyrenoidosa* - 82) под действием высоких доз сульфата магния, калия и натрия.

По данным исследователей, питательные растворы для культивирования водорослей отличаются высоким содержанием магния, калия и серы, которые остаются в среде в виде балласта (1,2). Однако отрицательное действие этого балласта на физиолого-биохимические показатели хлореллы почти не изучено. Не установлены и те концентрации, в которых рост клеток прекращается.

Относительно солей натрия известно, что высокие концентрации NaCl и Na_2SO_4 в среде влияют на размеры клеток, продуктивность, интенсивность роста и фотосинтеза. Содержание пигментов меняется (3,4,5).

В связи с этим изученный вопрос представляет определенный научный интерес.

В табл. 1 приводится схема опыта. Все три серии опыта имеют идентичные варианты и отличаются друг от друга только концентрацией испытуемых солей сульфата магния, калия и натрия. Последние эквивалентны по сере и добавляются к раствору Тамия (контроль), источником азота в котором служила мочеви́на. Испытывались следующие концентрации сульфата магния, калия и натрия: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 3,59; 10,0 и 20,0%, K_2SO_4 - 2,54; 7,07 и 14,15%; Na_2SO_4 - 2,07; 5,77 и 11,58%.

Схема опыта

Серии опыта	Испытанные растворы (варианты)	Содержание питательных элементов, г/л						Общая концентрация, г/л
		N	S	P	Mg	K	Na	
I	Тамия - контроль	0,70	0,33	0,29	0,24	0,36	нет	8,79
	" + $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 35,94 г/л	0,70	5,00	0,29	3,51	0,36	"	42,23
	" + K_2SO_4 25,42 "	0,70	5,00	0,29	0,24	11,76	"	34,21
	" + Na_2SO_4 20,75 "	0,70	5,00	0,29	0,24	11,76	6,72	29,54
II	Тамия - контроль	0,70	0,33	0,29	0,24	0,36	нет	8,79
	" + $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 100 г/л	0,70	13,33	0,29	9,76	0,36	"	106,29
	" + K_2SO_4 70,70 "	0,70	13,33	0,29	0,24	32,06	"	79,49
	" + Na_2SO_4 57,70 "	0,70	13,33	0,29	0,24	0,36	18,70	66,49
III	Тамия - контроль	0,70	0,33	0,29	0,24	0,36	нет	8,79
	" + $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 200 г/л	0,70	26,33	0,29	19,54	0,36	"	206,29
	" + K_2SO_4 141,48 "	0,70	26,33	0,29	0,24	63,78	"	150,27
	" + Na_2SO_4 115,78 "	0,70	26,33	0,29	0,24	0,36	37,51	124,57

Исходный показатель pH растворов 5,5, первоначальная густота суспензии — 1 млн/мл. При такой постановке вопроса роль отдельных катионов (Mg, Na, K) в метаболизме хлореллы более очевидна.

Опыт проводился в условиях интенсивной накопительной культуры на аппарате УИВ (8). Интенсивность роста клеток, продуктивность и биохимические показатели хлореллы определялись по ранее описанным нами методам (7). Физиолого-биохимическая характеристика хлореллы изучена в конце опыта, т.е. на восьмой день культивирования.

Рост и продуктивность водорослей по вариантам опыта резко меняются (табл. 2). Эти изменения обусловлены как концентрациями сульфата в среде, так и их формами. С повышением доз сульфата магния, калия и натрия в растворе по сериям опыта число клеток хлореллы и выход сухого вещества снижаются. Несколько увеличиваются размеры клеток. Однако чрезмерное повышение концентрации сульфатов в среде подавляет и процесс укрупнения клеток.

Таблица 2

Продуктивность хлореллы

Серии опыта	Варианты	Число клеток в конце опыта		Урожай		Вес одной клетки, мг, 10^{-5}
		млн/мл	%	г/л	%	
I	1	550	100	3,4	100	0,62
	2	330	60	3,2	94	1,0
	3	250	46	3,5	73	1,4
	4	220	40	2,3	67	1,0
II	1	500	100	3,5	100	0,7
	2	280	56	2,8	80	1,0
	3	140	28	1,5	43	1,0
	4	нет роста	—	—	—	—
III	1	480	100	3,6	100	0,7
	2	200	42	2,2	61	1,1
	3	нет роста	—	—	—	—
	4	"	—	—	—	—

Образование крупных "гигантских" клеток у хлореллы наблюдается при высоких экстремальных температурах и при повышенных дозах солей натрия (5,8).

Ряд авторов это рассматривают как процесс торможения деления клеток с одновременным усилением их фотосинтетической активности. По-видимому, аналогичное явление имеет место и в наших опытах.

Хлорелла по-разному реагирует на присутствие в питательной среде испытуемых солей сульфата магния, калия и натрия. Следовательно, адаптация к чрезмерной солености среды носит избирательный характер. Хлорелла сравнительно лучше приспосабливается и растет в растворах с высокими содержаниями сульфата магния (10, 20%), чем

калия и натрия. Получается, что при 200 г/л $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ рост и накопление сухого вещества продолжается, а доза 57,70 г/л Na_2SO_4 губительна для нее. Калий занимает промежуточное положение между магнием и натрием (критическая доза K_2SO_4 в наших опытах — 141,5 г/л).

Хлорелла менее устойчива к повышенным дозам натрия, чем калия. Во всех испытываемых растворах калия вдвое больше натрия. Однако отрицательное действия натрия выше, что, вероятно, связано с физиологической ролью этих элементов.

Наблюдаемые изменения в продуктивности хлореллы показывают специфическую роль каждого из ионов магния, калия и натрия.

Таблица 3

Содержание минеральных элементов и золы в биомассе хлореллы, мг/г

Серии опыта	Варианты	N	P	K	Na	Зола
I	1	75,7	21,3	12,7	1,7	69,5
	2	69,4	15,6	8,1	2,0	51,3
	3	65,9	15,5	8,6	2,0	57,0
	4	70,5	15,9	6,0	7,0	58,1
II	1	75,7	21,3	12,7	1,7	69,5
	2	70,6	16,1	13,8	2,0	58,0
	3	70,6	13,3	15,0	2,0	41,0
III	1	75,7	21,3	12,7	1,7	69,5
	2	68,0	16,6	9,7	2,0	69,9

С увеличением концентрации сульфата магния, калия и натрия в среде содержание азота, фосфора и золы в биомассе несколько снижается (табл. 3). Очевидно, повышение общей концентрации среды ограничивает поглощение питательных элементов клетками. Только для калия, во второй серии опыта, эта закономерность нарушается.

Некоторые изменения происходят и в биохимическом составе хлореллы: уменьшается содержание хлорофилла и белка, а содержание жиров увеличивается (табл. 4). Наблюдаемые изменения в биохимическом составе обычно характерны для хлореллы и происходят при варьировании условий питания и культивирования (2,7,9-11).

В этих опытах проявляется высокая адаптация хлореллы к резким изменениям условий среды, т.е. к повышенным дозам сульфата магния, калия и натрия.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Повышение концентрации сульфата магния, калия и натрия в среде приводит к уменьшению урожайности хлореллы. Хлорелла растет в растворах, содержащих от 35,94 до 200 г/л сульфата магния, и погибает при дозах сульфата калия — 141,48 г/л и натрия — 57,70 г/л.

2. Адаптация хлореллы к высоким концентрациям сульфатов в среде выражается некоторыми изменениями в обмене веществ, вслед-

стание чего содержание минеральных элементов, хлорофилла и белка уменьшается а жиров — увеличивается.

Таблица 4

Содержание хлорофилла, белка и жиров в биомассе хлореллы, мг/г

Серии опыта	Варианты	Хлорофилл "а + б"	Белок "сырой"	Жиры
I	1	51,1	473,3	92,8
	2	48,4	433,8	147,0
	3	48,3	411,9	160,0
	4	48,2	440,6	131,0
II	1	51,1	473,3	92,8
	2	49,2	441,3	105,9
	3	48,4	441,3	110,0
III	1	51,1	473,3	92,8
	2	48,6	425,0	113,8

Ջ. Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Կ. Ա. ՄԻԿԱԵԼՅԱՆ, Մ. Ն. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ

ՄԱԳՆԵԶԻՈՒՄԻ, ԿԱԼԻՈՒՄԻ ՈՒ ՆԱՏՐԻՈՒՄԻ ՍՈՒԼՅԱՏԻ ԲԱՐՁՐ ՔԱՆԱԿՆԵՐԻ ԱՋՐԻՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՔԼՈՐԵԼԱՅԻ ԱՃԻ ԵՎ ԲԻՈԲԻՄԻԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Սննդատու լուծույթում մագնեզիումի, կալիումի և նատրիումի սուլֆատի բարձր քանակություների դեպքում քլորելայի աճը և արդյունավետությունը ընկնում է: Այդպիսի լուծույթներում բջիջների աճն ընտրողական բնույթ ունի և շարունակվում է $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 200գ/լ քանակության դեպքում, իսկ K_2SO_4 -ի 141,48 գ/լ և Na_2SO_4 -ի 57,70 գ/լ քանակները մահացու են բջիջների համար:

Փորձարկվող լուծույթներում աճելիս ջրիմուռների կենսապանգվածում նվազում է հանքային տարրերի, մոխրի, քլորոֆիլի և սպիտակուցի պարունակությունը, իսկ ճարպերի քանակն ավելանում է:

J.A.HOVHANNISYAN, K.A.MIKAE LYAN, M.N.BARSEGHYAN

EFFECT OF HIGH QUANTITIES OF MAGNESIUM, POTASSIUM AND SODIUM ON THE GROWTH AND BIOCHEMICAL INDICES OF CHLORELLA

Summary

The growth and efficiency of chlorella drops under high quantities of magnesium, potassium and sodium in the nutrient solution. The growth of cells has a selective nature;

they continue to grow up in a solution of 200 g/l of $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, but they wither away in solutions of 141,48 g/l of K_2SO_4 and 57,70 g/l of Na_2SO_4 . The contents of mineral elements, ash, chlorophyll and protein in the biomass decreases, but the amount of fats increases.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Е.Д., Семененко В.Е. Сбалансированные среды и перспективы их использования для стабилизации условий минерального питания одноклеточных водорослей при длительном культивировании. Сб. "Управляемый биосинтез". М., изд-во "Наука", 1966.
2. Кузнецов Е.Д. К вопросу о возможности создания и использования сбалансированных сред для интенсивного культивирования хлореллы. Автореф., М., 1968.
3. Годнев Т.Н., Ляхнович Я.П., Сюсюхин В.А. О влиянии хлористого натрия на рост хлореллы и накопление хлорофилла. "Физиология и биохимия растений", Минск, 1962.
4. Рерберг М.С., Воробьева Т.И. К вопросу о влиянии хлористого натрия на рост биомассы и синтез хлорофилла у протококковых водорослей. Непрерывное управление культивирования микроорганизмов, М., 1967.
5. Гевондян А.А. Изучение разобщения клеточных функций хлореллы при действии солей с высокой ионной силой. Дипломная работа, Москва-Ереван, 1970.
6. Владимирова М.Г., Семененко В.Е. Интенсивная культура одноклеточных водорослей. Изд-во АН СССР, 1962.
7. Микаелян К.А. Влияние количества азота, фосфора и серы в питательном растворе на рост и биохимический состав хлореллы. "Сообщ. ИАПГ АН Арм. ССР", № 8, 1968.
8. Семененко В.Е., Владимирова М.Г., Орлеанская О.Б., Райков Н.И., Кованова Е.С. К физиологической характеристике *Chl.Sp.* К при высоких экстремальных температурах. "Физиология растений", т. 16, вып. 2, 1969.
9. Krauss K. *Inorganic nutrition of algae*. Carnegie Inst. Wash. Publ, N 600, 85, 1953.
10. Мелешко Г.И. К вопросу о повышении фотосинтетической продуктивности культуры хлореллы в установках для биологической регенерации воздуха. "Проблемы космической биол.", т.3, М., изд-во "Наука", 1964.
11. Клячко-Гурвич Г.Л. Некоторые физиолого-биохимические особенности направленного синтеза углеводов и липидов у хлореллы. Автореф., М., 1967.