

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БИОТЕХНОЛОГИИ»
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Институт биохимии им. А. Н. Баха

О. В. Космачевская, К. Б. Шумаев, А. Ф. Топунов

КАРБОНИЛЬНЫЙ СТРЕСС: ОТ БАКТЕРИЙ ДО ЧЕЛОВЕКА

Петрозаводск
2018

БЕН РАН
Отдел биологической
литературы
г. Москва, Ленинский пр. 33

УДК 612.833:579

ББК 52.5

К71

*Издание подготовлено при поддержке Российского Гуманитарного Научного Фонда
(грант 15–36–01024)*

Ольга Владимировна Космачевская, старший научный сотрудник лаборатории биохимии, азотфиксации и метаболизма азота ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, кандидат биологических наук

Константин Борисович Шумаев, старший научный сотрудник лаборатории биохимии, азотфиксации и метаболизма азота ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, доктор биологических наук

Алексей Федорович Топунов, заведующий лабораторией биохимии азотфиксации и метаболизма азота ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, доктор биологических наук

Институт биохимии им. А. Н. Баха РАН (Федеральный исследовательский центр биотехнологии РАН)

Рецензенты

Н. Н. Немова, член-корреспондент РАН, Институт биологии КарНЦ РАН

О. М. Панасенко, доктор биологических наук, профессор, Институт физико-химической медицины

Космачевская О. В., Шумаев К. Б., Топунов А. Ф.

К71 Карбонильный стресс: от бактерий до человека. – Петрозаводск: ИП Марков Н. А., 2018. – 255 с. Ил. 58. Табл. 15. Библиогр. 928 назв.

ISBN 978-5-904704-61-2

В книге рассматриваются метаболические пути, продуцирующие активные карбонильные соединения и приводящие к развитию карбонильного стресса в бактериальных и эукариотических клетках. Описано влияние наиболее реакционноспособного активного карбонильного соединения – метилглиоксаля – на различные метаболические системы. Обобщены имеющиеся в научной литературе данные, дополненные собственными результатами и гипотезами. В специальном разделе книги обсуждаются молекулярные механизмы электрофильной сигнализации. Особое внимание уделено функционированию электрофилов (активных карбонильных соединений) в качестве неспецифического фактора универсальной клеточной реакции. Функции электрофилов рассматриваются в рамках концепции гормезиса. Приводятся данные об участии активных карбонильных соединений в становлении протометаболизма. В отдельной главе даны сведения о применении реакции Майяра в различных аспектах жизнедеятельности человека.

Книга предназначена для исследователей в области биохимии, микробиологии, биоорганической и медицинской химии, токсикологии, экологии, а также для преподавателей, аспирантов и студентов, обучающихся по биологическим, медико-биологическим и биотехнологическим специальностям. Эту книгу можно также рекомендовать читателям, которые, работая в других областях, интересуются вопросами теоретической биологии и происхождения жизни.

УДК 612.833:579

ББК 52.5

The Carbonyl Stress: From Bacteria to Human

Olga Vladimirovna Kosmachevskaya, PhD, Senior research scientist.

Konstantin Borisovich Shumaev, DSc, Senior research scientist.

Alexey Fedorovich Topunov, DSc, Head of laboratory.

Bach Institute of Biochemistry (Research Center of Biotechnology RAS), Moscow, Russia

ISBN 978-5-904704-61-2

© Космачевская О. В., Шумаев К. Б., Топунов А. Ф., 2018

© Институт биохимии им. А. Н. Баха РАН (Федеральный исследовательский центр биотехнологии РАН), 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О СТРЕССЕ И АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЯХ	10
1.1. Стресс по Селье	10
1.2. Периодическая система адаптационных реакций организма	13
1.3. Неспецифический адаптационный синдром клетки	18
1.4. Изменение метаболических констант при адаптации и старении	24
ГЛАВА 2. КАРБОНИЛЬНЫЙ СТРЕСС: ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ	37
2.1. Неферментативные реакции в метаболизме	37
2.2. Карбонильный стресс в биологических системах	43
2.3. Образование метилглиоксаля	47
2.4. Способы защиты от карбонильного стресса	49
2.5. Подходы к изучению карбонильного стресса	51
ГЛАВА 3. КАРБОНИЛЬНЫЙ СТРЕСС И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ И НИТРОЗАТИВНЫМ СТРЕССАМИ	53
3.1. Неферментативное гликирование биологических молекул и образование активных форм кислорода	53
3.2. Роль метилглиоксаля в реакциях неферментативного гликирования и при окислительном стрессе	59
3.3. Роль метаболитов оксида азота в карбонильном стрессе	64
3.4. Аминокислоты, модифицированные метилглиоксалем, как лиганды динитрозильных комплексов железа	72
ГЛАВА 4. КАРБОНИЛЬНЫЙ СТРЕСС У ПРОКАРИОТ	79
4.1. Неферментативное гликирование в бактериях	79
4.2. Метилглиоксальсинтазная реакция	80
4.3. Глиоксалазная система у бактерий	81
4.4. Метилглиоксальный шунт	83
4.5. Пути образования метилглиоксаля	85
4.6. Регуляторные и сигнальные функции метилглиоксаля	98
4.7. Карбонильный стресс у археобактерий	100
4.8. Прикладные аспекты	102
ГЛАВА 5. КАРБОНИЛЬНЫЙ СТРЕСС У РАСТЕНИЙ	105
5.1. Общие представления о стрессе у растений	105
5.2. Неферментативное гликирование и гликозилирование у растений	108
5.3. Образование, детоксикация и сигнальные функции метилглиоксаля у растений	112

ГЛАВА 6. ДЕЙСТВИЕ МЕТИЛГЛИОКСАЛЯ В ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ КЛЕТКАХ	119
6.1. История проблемы	119
6.2. Посредники метилглиоксальной сигнализации	121
6.3. Действие метилглиоксаля на внутриклеточные сигнальные пути	123
6.4. Влияние метилглиоксаля на жизнеспособность и пролиферацию клеток	129
6.5. Эффекты метилглиоксаля в дрожжевых клетках	133
6.6. Метилглиоксаль и «большие биологические часы»	134
ГЛАВА 7. КАРБОНИЛЬНЫЙ СТРЕСС В ЭРИТРОЦИТАХ	139
7.1. Пути возникновения карбонильного стресса в эритроцитах	139
7.2. Роль гемоглобина в развитии последствий карбонильного стресса	143
ГЛАВА 8. АКТИВНЫЕ КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК УЧАСТНИКИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ	145
8.1. Неспецифические реакции в биологических системах	145
8.2. Типы сигнальных молекул и специфичность их действия	147
8.3. Электрофильные метаболиты	150
8.4. Горьмезисное действие электрофилов	152
8.5. Окислители и электрофилы в роли неспецифического фактора универсальной клеточной реакции	156
8.6. Электрофильные метаболиты – протобиорегуляторы	172
8.7. Редокс-активные метаболиты как факторы стресс-индуцированного мутагенеза и эволюции	174
ГЛАВА 9. АКТИВНЫЕ КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И РЕАКЦИЯ МАЙЯРА В СТАНОВЛЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ	177
9.1. Роль карбонильных соединений в абиогенном синтезе	177
9.2. Роль активных карбонильных соединений в становлении протометаболизма	181
9.3. Образование оксида азота в предбиологический период	184
9.4. От предбиологических молекулярных систем до протоклетки	186
ГЛАВА 10. РЕАКЦИЯ МАЙЯРА В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА	193
10.1. История изучения сахароаминных взаимодействий (реакция Майяра) ..	193
10.2. Реакция Майяра и антропогенная революция	196
10.3. Продукты реакции Майяра на службе у человека	197
10.4. Использование реакции Майяра для формирования изображений	201
10.5. Диагностика возраста по конечным продуктам реакции Майяра	204
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	206
ЛИТЕРАТУРА	207