

результате поступления радионуклидов из тканей и органов поедаемых ими рыб.

Более низкие дозовые нагрузки на всех этапах работы БАЭС испытывал карп садкового хозяйства. МПД садкового карпа в 101.6 раза ниже, чем у свободноживущего. У садкового карпа она на 99% формируется за счет внутреннего облучения, а при выкармливании на искусственных кормах – дозовые нагрузки на них будут минимальны. Данные результаты подтверждают целесообразность использования водоема-охладителя, находящегося под постоянным воздействием атомной станции, для разведения садковых видов рыбы.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН, тема № 122021000077-6.

DOI:10.5281/zenodo.17050303

ПРОЦЕССЫ АДАПТАЦИИ АУКСОТРОФНЫХ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ADAPTATION PROCESSES OF AUXOTROPHIC YEAST CELLS: A STUDY BY STATISTICAL MODELING

В.Л. Корогодина

Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

Ключевые слова: ауксотрофные клетки дрожжей, стрессовые факторы, адаптация

В этом исследовании анализируется динамика процессов адаптации ауксотрофных дрожжевых клеток. Известно, что изменчивость генов зависит от их экспрессии (Korogodin et al. 1991). Стресс-индуцированная транскрипция дестабилизирует матрицу ДНК, вызывая рекомбинацию и мутагенез. Изменчивость во времени матрицы ДНК индуцирует производство нормальных и мутантных мРНК и белков (Saxowsky, Doetsch 2006). Третичная структура белка, определяющая фенотипические свойства клеток, ремоделируется согласно внутриклеточным физическим и химическим условиям. Голодание и старение продуцируют в клетке активные формы кислорода (АФК), влияющие на экспрессию генов и конформацию белков, изменяют внутриклеточную среду и метаболизм клетки. Адаптация клетки определяется взаимодействием внутриклеточной среды, структуры гена и конформацией белка. Статистический анализ позволяет описать динамику преобразований.

Исследование влияния лимитирующего метаболита в среде культивирования на ауксотрофные клетки дрожжей выявили последовательность очагов колоний псевдо-диких клеток (ПДК), образующих

две группы. На рис. 1 представлена последовательность логнормальных распределений, описывающих появление двух групп очагов колоний ПДК в разных фазах роста и на разных средах. На рис. 2 показаны два пути влияния АФК на формирование ПДК. Первый путь обеспечивает адаптацию белков, а второй путь связан с ядерно-митохондриальным комплексом и адаптацией структуры генов.

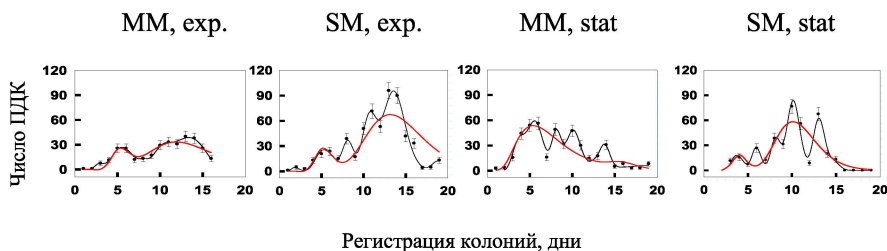


Рисунок 1. Распределение появления во времени очагов колоний ПДК: логнормальные распределения появления во времени очагов колоний ПДК штамма *Mat a leu2-1 lys1-1* на минимальной ММ ($C_{leu}=30$ ml/l) и селективной SM ($C_{leu}=0$ ml/l) средах в экспоненциальной и стационарной фазах роста; критерий Колмогорова-Смирнова и χ^2 : 5%.

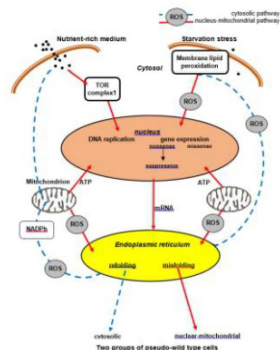


Рисунок 2. Два пути влияния АФК на формирования ПДК: цитозольный (синий пунктир) и ядерно-митохондриальный (красная сплошная линия) пути.

Ядерно-митохондриальная группа производит мРНК и белок, близкий к нативному состоянию (см. рис. 2), поэтому дисперсия очагов второй группы близка к минимальному значению. Со временем, меняющаяся внутриклеточная среда влияет на связи нуклеотидов, «адаптируя» структуру гена. Адаптация гена приводит к повышению частоты ПДК в ядерно-митохондриальном комплексе. АФК цитозоля влияет на адаптацию, т.е. на ремоделирование третичной структуры белка (см. рис. 2). Ремоделирование увеличивает свободную энергию клеток (Onuchic et al. 1997). Дисперсия очагов в цитозольной группе увеличивается, разнообразие белков и клеток растет. Частота ПДК уменьшается, так как при ремоделировании часть белков

разрушается. Регистрация очагов происходит по мере уменьшения свободной энергии клеток, хотя формирование очагов начинается с изменения структуры генов (см. рис. 1). Это связано с генерацией мРНК и белков в экспоненциальной фазе в ядерно-митохондриальном комплексе и ремоделированием третичной структуры белков в стационарной фазе клеток в цитозоле (см. рис. 2).

Можно предложить следующую схему адаптации клеток: 1. Внутриклеточная среда влияет на структуру гена. Улучшенная структура гена способствует размножению клеток; 2. Последовательное изменение структуры гена и синтеза мРНК определяет формирование очагов ПДК; 3. Внутриклеточная среда определяет третичную структуру белка и его свободную энергию; 4. Регистрация очагов отражает обратную зависимость от близости к нативному состоянию белка, т.е. прямую зависимость от свободной энергии клетки. 5. Вторая группа отражает состояние экспоненциального роста культуры клеток, а первая группа соответствует стационарной фазе культуры клеток. 6. Адаптированные белки влияют на функционирование клеток, функционирование клеток влияет на внутриклеточную среду, передаваемую при размножении, и т. д.

Таким образом, гены, белки и внутриклеточная среда представляют собой скоординированную адаптивную систему клетки, соответствующую законам физики микромира. Функционирование клетки изменяет внутриклеточную среду и формирует последовательность квазиравновесных очагов ПДК.

Список литературы

1. *Korogodin V.I.* et al. On the dependence of spontaneous mutation rates on the functional state of genes // *Yeast*. 1991, Vol. 7. P. 105–117. DOI: 10.1002/yea.320070204
2. *Onuchic J.N., Luthey-Schulten Z., Wolynes P.G.* Theory of protein folding: the energy landscape perspective // *Ann Rev Phys Chem*. 1997. Vol. 48. P. 545–600. DOI: 10.1146/annurev.physchem.48.1.545
3. *Saxowsky T.T., Doetsch P.E.* RNA Polymerase Encounters with DNA Damage: Transcription-Coupled Repair or Transcriptional Mutagenesis? // *Chem. Rev*. 2006. V. 106, №2. P. 474–488. <https://doi.org/10.1021/cr040466q>

DOI:10.5281/zenodo.17050268

РЕГУЛЯЦИЯ РЕПАРАЦИИ ДНК ПРИ МАЛЫХ ДОЗАХ УФ-ЛУЧЕЙ REGULATION OF DNA REPAIR AT LOW DOSES OF UV RAYS

В.Г. Королев, Т.Ф. Евстюхина, Е.А. Алексеева

Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,
г. Гатчина, Россия; korolev_vg@npi.nrcki.ru

Ключевые слова: репарация, мутагенез, чекпойнт, полимеразы Polη, ДНК

В нормальных условиях и при воздействии малых доз мутагенов ключевым способом борьбы с повреждениями ДНК у бактериальных и



**ГЕНЕТИКА
ЭВОЛЮЦИЯ
РАДИОЭКОЛОГИЯ**
ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ



ИЭРиЖ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ
РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

ГЕНЕТИКА. ЭВОЛЮЦИЯ. РАДИОЭКОЛОГИЯ: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 125-летию со дня рождения Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского и 70-летию созданной им лаборатории биофизики, 15–19 сентября 2025 г. / Институт экологии растений и животных УрО РАН; ред.: Е.В. Антонова и др. – Екатеринбург: ООО Универсальная Типография «Альфа Принт», 2025. – 283 с. – URL: <https://ipae.uran.ru/node/634> (дата обращения: 28.10.2025).

В сборнике опубликованы тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 125-летию со дня рождения Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского и 70-летию созданной им лаборатории биофизики. Конференция проходила с 15 по 19 сентября 2025 г. на базе Института экологии растений и животных УрО РАН. Организаторами мероприятия выступили ИЭРиЖ УрО РАН, ИПЭ УрО РАН и ИЦАЭ. Результаты исследований участников конференции были представлены в форме пленарных, секционных и постерных докладов. Представленные исследования были посвящены проблемам экологии и экологического прогнозирования, радиоэкологии и радиобиологии, генетики, эволюции, радиационной безопасности, биоразнообразия, экотоксикологии и биометрии. За объективность и достоверность представленных данных ответственность несут авторы тезисов.

© ИЭРиЖ УрО РАН, 2025

© Авторы, 2025

ISBN 978-5-9080771-5-6

© ООО Универсальная Типография «Альфа Принт»



9 785908 077156