

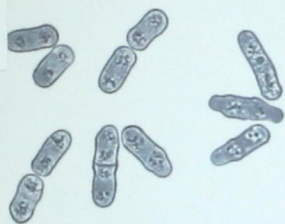
20-3926

ДУБЛЕТ

Ю.Ф. Богданов, Т.М. Гришаева

Консерватизм, изменчивость и эволюция МЕЙОЗА

20-03927



Schizosaccharomyces pombe



Arabidopsis thaliana



Caenorhabditis elegans



Drosophila melanogaster



Mus musculus



Homo sapiens

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова
Российской академии наук**

Ю.Ф. Богданов, Т.М. Гришаева

КОНСЕРВАТИЗМ, ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ЭВОЛЮЦИЯ МЕЙОЗА

**Товарищество научных изданий КМК
Москва ❖ 2020**

УДК 575.8:576.354.4

ББК 28.02+28.05

Б73

Ю.Ф. Богданов, Т.М. Гришаева. Консерватизм, изменчивость и эволюция мейоза. — Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2020. 345 с., ил.

Книга посвящена изложению знаний о молекулярных и клеточных механизмах мейоза — особого клеточного деления, лежащего в основе полового размножения эукариотических организмов — и поиску предполагаемых путей его формирования в ходе биологической эволюции. Проведен анализ проблемы, каким образом единообразие схемы и метаболических основ деления клеток путем мейоза (консерватизм мейоза) во всех филогенетических линиях растений, грибов и животных сочетается с изменчивостью цитологических (микроскопических и ультраструктурных) картин мейоза. Приводятся доказательства существования «стержневого» комплекса белков рекомбинации ДНК, на основе которого эволюционно сформировался мейоз, и описана изменчивость белков, формирующих вспомогательные структуры мейоза, — мейоз-специфичные белковые оси хромосом, синаптонемные комплексы, а также доказательства существования мейоз-специфичных модификаций центромерных белков хромосом. Тип книги — сводка мировой литературы с добавлением глав оригинальных исследований авторов.

Книга предназначена для исследователей, преподавателей биологических вузов и студентов старших курсов.

© Ю.Ф. Богданов, Т.М. Гришаева,
С.А. Симановский, текст, иллюстрации, 2020

© Товарищество научных изданий КМК,
издание, 2020

ISBN 978-5-907213-73-9

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	13
Часть I. ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ	16
<i>Глава 1. БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МЕЙОЗА, ЕГО ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА И МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ</i>	16
Биологическая роль мейоза.....	16
Место мейоза в жизненном цикле организмов	17
Основные закономерности мейоза	17
Консервативные (универсальные) механизмы мейоза	20
Изменчивые механизмы мейоза	21
Биологический материал для изучения мейоза	22
<i>Глава 2. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЙОЗА</i>	24
Часть II. КОНСЕРВАТИЗМ МЕЙОЗА	29
<i>Глава 3. КАНОНИЧЕСКИЙ МЕЙОЗ</i>	29
Хромосомы в премейотической интерфазе и профазе I.....	30
Метафаза I и анафаза I. Их отличие от метафазы и анафазы митоза.....	38
Сегрегация гетероморфных половых хромосом в мейозе I.....	40
Мейоз II.....	40
Заключение	42
<i>Глава 4. МЕЙОТИЧЕСКАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ, КРОССИНГОВЕР, ХИАЗМЫ</i>	43
Кроссоверный и некроссоверный пути рекомбинации в мейозе.	
История исследований	44
Два ферментативных пути кроссинговера	47
Инициация рекомбинации	49
Инвазия однострессовой ДНК и D-петля	52
Структуры Холлидея	53
Комплекс белков ZMM и кроссинговер I типа.....	54
Регуляция кроссинговера	56
Генный контроль сопряженных процессов рекомбинации и синапсиса (построения синаптонемного комплекса)	57
Подробности «выбора» кроссоверного или некроссоверного пути мейотической рекомбинации	59
Горячие и холодные точки двунитевых разрывов ДНК	61
Интерференция кроссинговера.....	63
Рекомбинационные узелки на синаптонемных комплексах и их роль в кроссинговере.....	67
Хиазмы	72
Заключение	74

Глава 5. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЙОТИЧЕСКИХ ХРОМОСОМ, ИХ ТРАНСКРИПЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ И ПРОБЛЕМА ВЗАИМНОГО УЗНАВАНИЯ ГОМОЛОГИЧНЫХ ЛОКУСОВ	76
Сравнение физических параметров хромосом в митозе и мейозе	76
Общие закономерности организации мейотических хромосом	81
Транскрипция хромосом в мейозе	82
Проблема взаимного узнавания гомологичных локусов хромосом	86
Заключение	90
Глава 6. ОСОБЕННОСТИ МЕЙОЗА В ХОДЕ ООГЕНЕЗА	92
Дифференцировка оогониев и появление ооцитов и трофоцитов	93
Особенности мейоза в ходе оогенеза	95
Стадия диплотены при солитарном типе развития ооцита	97
Стадия диплотены (диктиотены) при нутриментарном типе оогенеза	102
Карниосфера/карниосома и сайленсинг хромосом в оогенезе	103
I и II деления мейоза в ходе оогенеза	109
Глава 7. МЕЙОЗ И ЕГО ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ У ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ (С.А. Симановский, Ю.Ф. Богданов)	112
Место мейоза в жизненном цикле растений	112
Мужской мейоз в ходе микроспорогенеза	113
Женский мейоз в ходе мегаспорогенеза	114
Краткая история исследования генов мейоза у растений	116
Генетический контроль дифференциации и формирования мейоцитов	118
Генный контроль вступления в мейоз	119
Генный контроль когезии сестринских хроматид	122
Гены формирования фигуры «букета»	124
Мейотическая рекомбинация	125
Ранние гены мейотической рекомбинации	126
Генный контроль спаривания и синапсиса гомологичных хромосом	128
Генный контроль сборки синаптонемных комплексов	129
Гены спаривания и синапсиса хромосом у полиплоидов	131
Освобождение от когезии сестринских хроматид и роль белков-шугошинов	132
Гены вступления в мейоз II	132
Заключение	133
Глава 8. ХРОНОЛОГИЯ МЕЙОЗА (Ю.Ф. Богданов, Н.А. Ляпунова, С.А. Симановский)	135
Часть III. ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕЙОЗА	143
Глава 9. МЕЙОЗ У ДЕЛЯЩИХСЯ ДРОЖЖЕЙ <i>SCHIZOSACCHAROMYCES POMBE</i>	143
Жизненный цикл <i>S. pombe</i>	143
Смена фаз жизненного цикла	144
Необычная профазы I мейоза. «Конский хвост»	147
Ультраструктура клеточных ядер в профазе I	152

Молекулярная организация и ультраструктура линейных элементов	153
Функция линейных элементов, их роль в рекомбинации	156
Глава 10. МЕЙОЗ У НЕМАТОДЫ <i>CAENORHABDITIS ELEGANS</i> — МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВЯЗИ СИНАПСИСА ХРОМОСОМ И КРОССИНГОВЕРА	
<i>C. elegans</i> как объект для изучения мейоза	159
Премейотические хромосомы	161
Лептотена и зиготена в «транзитной зоне» гонады	162
Синапсис и построение СК.....	166
Инициация рекомбинации.....	169
Мейотический кроссинговер.....	170
Особенности событий рекомбинации у <i>C. elegans</i>	171
Пахитена	174
Ремоделирование хромосом в поздней профазе I.....	175
Редукционное деление хромосом в мейозе I.....	177
Заключение. Эволюционный аспект изучения мейоза у <i>C. elegans</i>	177
Глава 11. НЕСТАНДАРТНЫЙ МЕЙОЗ У ДРОЗОФИЛЫ — КЛАССИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ГЕНЕТИКИ	
Общая морфология гонад у дрозофилы.....	179
Начало мейоза: инициация спаривания гомологичных хромосом.....	183
Синаптонемный комплекс у самок дрозофилы.....	183
Кроссинговер, рекомбинационные узелки, хиазмы	187
Хромоцентр	189
Особенности делений мейоза у дрозофилы	191
Заключение	194
Глава 12. АХИАЗМАТИЧЕСКИЙ МЕЙОЗ У САМОК ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА <i>BOMBYX MORI</i> И ОСОБЕННОСТИ МЕЙОЗА У ЕГО ПОЛИПЛОИДОВ.....	
Мейоз у диплоидов. Профаза I	197
Метафаза I и анафаза I у самцов	202
Первое деление мейоза и завершение мейоза у самок.....	202
Мейоз у полиплоидов	203
Глава 13. ИНВЕРТИРОВАННЫЙ МЕЙОЗ И ЕГО МЕСТО В ЭВОЛЮЦИИ ...	
Суть инверсии мейоза	208
Холоцентрические хромосомы.....	208
Инверсия мейоза у растений.....	211
Доказательство эквационного характера мейоза I у <i>Luzula</i>	217
Инвертированный мейоз у <i>Rhynchospora</i> , семейство Cyperaceae.....	218
Инвертированный мейоз у насекомых.....	220
Смешанный тип мейоза у полужесткокрылых насекомых (Hemiptera, Heteroptera)	224
Решённые и нерешённые вопросы.....	225

Попытки ревизии представлений об инвертированном мейозе	227
Место инвертированного мейоза в эволюции путей полового размножения	228
Глава 14. КОНСЕРВАТИЗМ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ БЕЛКОВ	
СИНАПТОНОМНОГО КОМПЛЕКСА	231
Эволюционная загадка белков синаптомемных комплексов и ее решение	236
Самосборка простых белков — принцип построения	
синаптомемного комплекса	241
Часть IV. ЭВОЛЮЦИЯ МЕЙОЗА	246
Глава 15. КОНСЕРВАТИЗМ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЯДЕРНЫХ БЕЛКОВ.	
БИОИНФОРМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.....	246
Сравнение отдельных групп ядерных белков с белками прокариот	247
Многообразие белков, формирующих синаптомемные комплексы у эукариот.....	251
Эволюционный консерватизм белков рекомбинации	
и изменчивость мейоз-специфичных белков хромосом.....	254
Глава 16. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ БЕЛКОВ	
МЕЙОЗА МЕТОДАМИ БИОИНФОРМАТИКИ.....	260
Стратегия поиска белков синаптомемного комплекса	260
Когезины: сравнение мейотических и митотических форм белков	262
Мейотические формы шугошинов — протекторов когезии центромер —	
не являются консервативным семейством белков	273
Глава 17. ПРОБЛЕМА ЭВОЛЮЦИИ МЕЙОЗА	
Предыстория мейоза.....	279
Нетрадиционный взгляд на роль кроссинговера в биологической эволюции	283
Исследование мейоза у одноклеточных организмов —	
ресурс для изучения эволюции мейоза.....	284
Реликтовые механизмы мейоза.....	287
Заключение	290
ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	291
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	295
ПРИЛОЖЕНИЕ	331
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	341
Указатель основных латинских названий	
биологических родов и видов.....	344
Указатель биологических таксонов	
разного ранга выше, чем род	345
Указатель аббревиатур международных	
названий белков и структур ДНК.....	345