

22-1234

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ



И. Б. Моссэ,
П. М. Морозик

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

22-01234



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт генетики и цитологии

**И. Б. Моссэ,
П. М. Морозик**

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

Минск
«Беларуская навука»
2018

УДК 614.876:575.17

Моссэ, И. Б. Генетические эффекты ионизирующей радиации / И. Б. Моссэ, П. М. Морозик. – Минск : Беларуская навука, 2018. – 299 с. – ISBN 978-985-08-2284-0.

Монография охватывает все аспекты радиационной генетики эукариот. Рассматриваются генетические эффекты ионизирующей радиации на разных уровнях организации эукариот – молекулярном, клеточном, организменном, популяционном, видовом. Особое внимание уделено вопросу определения генетического риска облучения для человека – воздействию высоких и малых доз радиации на популяции людей, определению допустимых уровней облучения, обсуждению рекомендаций Международного комитета защиты от радиации разных лет. Представлены данные о путях защиты генетических структур организма от мутагенного действия облучения, о радиопротекторах и механизмах их действия. Освещены и прикладные вопросы радиационной генетики – использование генетических эффектов облучения в медицине, сельском хозяйстве и промышленности.

Издание предназначено для специалистов, занимающихся вопросами радиационной генетики, радиационной безопасности, экологических и радиационных рисков, а также для студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей высших учебных заведений.

Табл. 20. Ил. 58. Библиогр. : 633 назв.

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор С. А. Гераськин,
доктор биологических наук, профессор С. Е. Дромашко

ISBN 978-985-08-2284-0

© Моссэ И. Б., Морозик П. М., 2018

© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----|
| Введение | 6 |
| Глава 1. Методы учета радиационных мутаций | 31 |
| 1.1. Гибридологические методы учета частоты рецессивных летальных мутаций. . . | 33 |
| 1.2. Цитологические методы | 37 |
| 1.2.1. Внутриврохромосомные изменения | 37 |
| 1.2.2. Межхромосомные перестройки | 48 |
| 1.3. Биохимические методы | 53 |
| 1.3.1. Гликофоринный тест (GPA-тест) | 53 |
| 1.3.2. TCR-тест | 55 |
| 1.4. Молекулярные методы | 56 |
| 1.4.1. Молекулярный метод учета частоты мутаций с помощью ПЦР | 56 |
| 1.4.2. Технология анализа последовательности ДНК с помощью биочипов | 60 |
| 1.4.3. Секвенирование ДНК | 62 |
| Глава 2. Радиогенетические эффекты на разных уровнях организации эукариот | 64 |
| 2.1. Молекулярно-клеточный уровень | 64 |
| 2.1.1. Первичные повреждения, вызываемые в ДНК ионизирующей радиацией | 64 |
| 2.2. Клеточно-тканевый уровень | 69 |
| 2.2.1. Особенности возникновения точковых мутаций | 69 |
| 2.2.2. Особенности индукции облучением хромосомных aberrаций | 74 |
| 2.2.3. Общность происхождения хромосомных и точковых мутаций | 85 |
| 2.2.4. Репарация радиационных повреждений | 87 |
| 2.2.4.1. Прямая репарация ДНК | 90 |
| 2.2.4.2. Эксцизионная репарация оснований (base excision repair, BER) | 91 |
| 2.2.4.3. Эксцизионная репарация неспаренных оснований (mismatch repair – MMR) | 92 |
| 2.2.4.4. Эксцизионная репарация нуклеотидов (nucleotide excision repair – NER) | 93 |
| 2.2.4.5. Репарация двунитевых разрывов | 94 |
| 2.3. Организменный уровень | 96 |
| 2.3.1. Радиочувствительность организма | 96 |
| 2.3.2. Зависимость индукции радиационных мутаций от дозы излучений | 99 |
| 2.3.3. Эффект мощности дозы | 101 |
| 2.3.4. Аномальные зависимости в области малых доз радиации | 102 |
| 2.3.5. Модели абсолютного и относительного риска | 102 |
| 2.4. Популяционный уровень | 104 |
| 2.4.1. Влияние ионизирующих излучений на популяции | 104 |
| 2.4.2. Распределение особей в популяции по признаку радиочувствительности | 114 |
| 2.4.3. Механизмы адаптации популяций | 117 |
| 2.4.4. Динамика численности особей в облучаемых популяциях | 123 |

| | |
|--|------------|
| 2.5. Видовой уровень | 126 |
| 2.5.1. Сравнительная радиочувствительность разных видов | 126 |
| Глава 3. Генетический радиационный риск | 131 |
| 3.1. Оценка генетического риска ионизирующей радиации | 131 |
| 3.2. Оценка радиационно-генетического риска у людей | 132 |
| 3.2.1. Жители Хиросимы и Нагасаки | 132 |
| 3.2.2. Пациенты, получившие радиотерапевтическое лечение по поводу неонкологических заболеваний | 133 |
| 3.2.3. Люди, которые были облучены в процессе профессиональной деятельности | 134 |
| 3.3. Медико-биологические последствия Чернобыльской аварии | 134 |
| 3.3.1. Нерадиационные причины повышения частоты рака щитовидной железы .. | 137 |
| 3.3.2. Почему не доказаны радиационные мутации у человека? | 138 |
| 3.3.3. Способы расчета радиационного риска для человека | 139 |
| 3.4. Изучение воздействий малых доз радиации | 140 |
| 3.5. Рекомендации МКРЗ разных лет | 142 |
| 3.6. Определение допустимых уровней облучения | 143 |
| 3.6.1. Факторы риска, согласно МКРЗ 1977 г. | 143 |
| 3.6.2. Факторы риска, согласно МКРЗ 1990 г. | 144 |
| 3.6.3. Факторы риска, согласно МКРЗ 2007 г. | 145 |
| 3.7. Оправданность и оптимизация (принцип АЛАРА) | 147 |
| 3.8. Анализ цена–польза | 150 |
| 3.8.1. Анализ цена–польза на транспорте | 150 |
| 3.8.2. Анализ цена–польза в медицине | 150 |
| 3.8.3. Анализ цена–польза в атомной промышленности | 151 |
| 3.9. Сравнение рисков разных типов | 152 |
| 3.9.1. Классификация рисков | 152 |
| 3.9.2. Сравнение радиационных рисков с другими рисками | 153 |
| Глава 4. Общие закономерности генетических эффектов ионизирующей радиации . | 162 |
| 4.1. Относительная биологическая и генетическая эффективность различных видов ионизирующих излучений | 162 |
| 4.1.1. Влияние условий облучения на ОГЭ | 167 |
| 4.1.2. Различия в спектре мутаций | 168 |
| 4.2. Радиационно-индуцированный адаптивный ответ | 168 |
| 4.2.1. Радиоадаптивный ответ в клетках животных и человека при хроническом облучении | 171 |
| 4.2.2. Механизмы адаптивного ответа | 172 |
| 4.2.3. Влияние модифицирующих факторов на адаптивный ответ | 175 |
| 4.3. Радиационно-индуцированный «байстэндер» эффект | 177 |
| 4.3.1. «Байстэндер» эффект при облучении | 178 |
| 4.3.2. «Байстэндер» эффект, вызванный различными видами излучений | 179 |
| 4.3.3. Как сравнить «байстэндер» эффект и эффект прямого повреждения? | 181 |
| 4.3.4. Исследования «байстэндер» эффекта <i>in vivo</i> | 182 |
| 4.3.5. Механизмы радиоиндуцированного «байстэндер» эффекта | 184 |
| 4.3.6. Биологическая роль «байстэндер» эффекта | 185 |
| 4.3.7. Модификация «байстэндер» эффекта | 186 |
| 4.4. Современные проблемы биодозиметрии | 189 |
| 4.4.1. Влияние средовых факторов | 190 |
| 4.4.2. Влияние химических веществ | 191 |
| 4.4.3. Индивидуальный характер репарации ДНК | 192 |
| 4.4.4. Влияние адаптивного ответа | 193 |
| 4.4.5. Возможна ли в принципе биологическая дозиметрия? | 194 |

| | |
|---|------------|
| 4.5. Гормезис | 195 |
| 4.5.1. История исследования радиационного гормезиса | 197 |
| 4.5.2. Гормезис – стимулирующее действие ионизирующей радиации в малых дозах | 200 |
| 4.5.3. Медицинские аспекты радиационного гормезиса | 201 |
| Глава 5. Генетические эффекты комбинированных воздействий факторов различной природы. | 204 |
| 5.1. Влияние факторов среды на генетические эффекты радиации и проблемы защиты наследственности. | 204 |
| 5.2. Генетические эффекты тяжелых естественных радионуклидов | 205 |
| 5.3. Влияние солей меди на организм | 210 |
| 5.4. Влияние сочетанного действия солей меди и ионизирующего излучения на биологические объекты | 213 |
| 5.5. Цитогенетические эффекты триазиновых пестицидов | 214 |
| 5.6. Нитриты и нитраты | 219 |
| 5.7. Проблема радиационной генетической защиты | 220 |
| 5.7.1. Серосодержащие радиопротекторы | 221 |
| 5.7.2. Амины | 226 |
| 5.7.3. Антибиотики | 227 |
| 5.7.4. Фенолы | 229 |
| 5.7.5. Вещества естественного происхождения | 230 |
| 5.7.6. Витамин Е (α-токоферол) | 232 |
| 5.7.7. Требования к радиопротекторам нового типа | 234 |
| 5.7.8. Меланиновые пигменты | 234 |
| 5.8. Механизмы действия радиопротекторов | 238 |
| 5.8.1. Некоторые общие механизмы защиты | 238 |
| 5.8.2. Механизмы радиозащитного действия меланина | 243 |
| Глава 6. Прикладные аспекты радиационной генетики | 248 |
| 6.1. Направленный мутагенез | 248 |
| 6.2. Облучение семян растений с целью получения новых сортов | 252 |
| 6.3. Использование методов радиационной генетики в селекции микроорганизмов | 259 |
| Заключение | 263 |
| Список использованных источников | 267 |