

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕНЕТИКЕ**

Учебное пособие

Издательско-полиграфический центр  
Воронежского государственного университета  
2012

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
<b>РАЗДЕЛ I. ОБЩАЯ ГЕНЕТИКА</b> .....	6
Занятие 1. Менделевские закономерности наследования признаков .....	6
Занятие 2. Изучение закономерностей наследования признаков при использовании дрозофилы в качестве модельного объекта .....	22
Занятие 3. Наследование признаков, сцепленных с полом. Кроссинговер и локализация генов в хромосоме.....	26
Занятие 4. Функциональная морфология хромосом.....	37
Занятие 5. Генетическая структура популяции.....	42
 <b>РАЗДЕЛ II. ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ</b> .....	55
Занятие 6. Митотическая активность – критерий цитогенетического мониторинга .....	55
Занятие 7. Патологии митоза – критерий цитогенетического мониторинга .....	59
Занятие 8. Использование ядрышковых характеристик в биотестировании.....	68
Занятие 9. Микроядерный тест .....	78
 <b>ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА</b> .....	85
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА</b> .....	85
 <b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	89
Приложение 1. Статистическая обработка полученных результатов .....	89
Приложение 2. Таблица I. Критические точки t-критерия Стьюдента при различных уровнях значимости $\alpha$ .....	97
Таблица II. Критические значения F-критерия Фишера с $k_1$ и $k_2$ степенями свободы.....	98
Таблица III. Значение функции $\psi\left(\frac{R}{N+1}\right)$ .....	102
Таблица IV. Критические значения X-критерия Ван-дер-Вардена .....	105
Таблица V. Критические значения U-критерия Уилкоксона (Манна – Уитни).....	106
Таблица VI. Значения $\varphi = 2 \arcsin(\sqrt{P})$ .....	107

## РАЗДЕЛ I. ОБЩАЯ ГЕНЕТИКА

### ЗАНЯТИЕ 1

#### МЕНДЕЛЕВСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ

*Цели занятия:* освоение терминологии и принципов осуществления записи при проведении гибридологического анализа; ознакомление с особенностями опытов Г. Менделя; решение задач на моногибридное, дигибридное и полигибридное скрещивания.

#### Основные теоретические положения

Закономерности наследования признаков изучаются с помощью генетического анализа. Главным элементом генетического анализа является гибридологический метод или метод скрещивания, который был разработан Г. Менделем (1865). *Гибридологическим анализом называется изучение наследования признаков и свойств у гибридов, полученных в результате скрещивания особей, различающихся по этим признакам и свойствам.* Обратим внимание на следующие особенности работы Г. Менделя.

1) Он использовал для скрещивания константные по ряду признаков формы гороха (*Pisum sativum*), являющегося самоопылителем. Самоопыление происходит в закрытом цветке, поэтому на пестик до оплодотворения пыльца другого сорта не попадает. При искусственной гибридизации из цветков материнского растения удалялись пыльники (кастрация), а на рыльце пестика наносилась пыльца другого сорта. Таким способом были получены растения, происхождение которых строго контролировалось.

2) Мендель для скрещивания использовал сорта гороха, отличающиеся по контрастным (альтернативным) признакам. Например, окраска цветка (пурпурная и белая), форма семян (гладкая и морщинистая).

3) Был введен количественный учет в потомстве (отдельно подсчитывались растения с различными признаками).

4) Проводился индивидуальный анализ потомства в каждом поколении по анализируемым признакам.

5) Для записи хода скрещивания обозначил наследственные признаки буквами латинского алфавита (A, B, C, D и т.д.). Это позволило ему легко объяснить полученные результаты. Мендель не знал, где находятся наследственные факторы, которые обеспечивают развитие признака, какова их природа. Однако менделевское учение о факторах как единицах наследственности легло в основу теории гена.

6) Предложил парность определения каждого признака (признак определяется парой наследственных факторов). Этим он предвосхитил открытую позже парность хромосом у диплоидного организма (гомологичные хромосомы).

7) В половых клетках число наследственных факторов уменьшается вдвое. Это положение предвосхитило открытие мейоза.

8) Наследственные факторы сохраняются в чистом виде в ряду поколений. Они не утрачивают своей индивидуальности и не изменяются, т.е. наследственные факторы (по современной терминологии – гены), относительно стабильны.

9) Оба пола в равной мере участвуют в передаче наследственных свойств потомству.

На основе своих наблюдений Мендель установил следующие законы наследования признаков:

- закон единообразия гибридов первого поколения;
- закон расщепления наследственных признаков в потомстве гибридов;
- закон независимого комбинирования наследственных признаков.

Решению генетических задач должно предшествовать освоение терминов и определенной системы записи.

*Признак или свойство – это условное обозначение единицы морфологической, физиологической или биохимической дискретности организма. Признаки, которые наследуются по законам Менделя, названы менделирующими. Каждой паре контрастных или альтернативных признаков соответствует пара аллельных генов, которые контролируют развитие этих признаков. Аллельные гены – это видоизменения одного и того же гена. Они локализованы в идентичных участках гомологичных хромосом. Диплоидный организм в норме содержит в клетках по 2 аллеля каждого гена.*

*Явление парности наследственных задатков названо аллелизмом. Аллельные гены взаимодействуют через продукты своей экспрессии. Доминантные (подавляющие) аллели обозначаются заглавными буквами латинского алфавита. Они проявляют свое действие как в гомозиготном (AA), так и в гетерозиготном (Aa) состояниях. Рecessивные (подавляемые) аллели обозначаются строчными буквами латинского алфавита и проявляются фенотипически только в гомозиготном состоянии (aa). Доминирование бывает полным, когда гетерозигота Aa по фенотипу тождественна гомозиготе AA, и неполным. При этом проявление признака у гетерозиготы (Aa) оказывается промежуточным между фенотипами AA и aa (промежуточное наследование). В некоторых случаях два аллеля из одной пары оказывают совместное действие. Такое явление носит название кодоминирования (например, наследование IV группы крови у человека).*

*Генотипом названа совокупность наследственных задатков, которыми обладает организм. Это совокупность генов данного организма. Фенотип – это совокупность свойств и признаков, которые являются результатом взаимодействия генотипа и факторов внешней среды.*

Знание правил образования гамет является необходимым условием для понимания закономерностей наследования признаков, причем необходимо представлять, какие типы гамет и в каком количественном соотношении могут образовываться у той или иной особи. Половые клетки (гаметы) мужской и женской особи всегда несут по одному аллелю из пары. Это обусловлено механизмом мейоза, когда в результате деления дочерние клетки получают по одной хромосоме из каждой пары гомологичных хромосом. Гамета не может быть гибридной, т. е. не может содержать оба аллельных гена. Эта закономерность получила название правила «чистоты гамет».

Гомозиготная особь, независимо от числа пар признаков, образует один тип гамет. Число типов гамет у гетерозиготной особи принято выражать формулой  $2^n$ , где  $n$  – количество признаков в гетерозиготном состоянии (количество генов, представленных в генотипе в гетерозиготном состоянии).

Аллельные гены, локализованные в разных парах гомологичных хромосом, распределяются в гаметах случайно и наследуются независимо. Соединение гамет при оплодотворении происходит по правилу случайных сочетаний с одинаковой вероятностью для каждого типа. Наследование и фенотипическое проявление в потомстве альтернативных признаков подчиняется закономерностям, установленным Г. Менделем, и применимо как для растений, так и для животных. При скрещивании гомозиготных родительских особей все потомство получается единообразным по анализируемому признаку и генотипу (правило единообразия). При скрещивании гибридных особей между собой во втором поколении проявляются признаки обоих родительских особей в определенных количественных соотношениях (закон расщепления). Проявление действия аллелей из разных пар хромосом осуществляется независимо друг от друга (закон независимого комбинирования признаков).

При гибридологическом анализе составляют схемы, при которых используют определенные символы и систему записи. Каждый из изучаемых признаков обозначают соответствующей буквой алфавита. Родителей обозначают буквой Р (*parents*). Генотип материнского организма со знаком ♀ (зеркало Венеры) записывают в левой части строки, а отцовского со знаком ♂ (щит и копье Марса) – в правой. Между ними ставят знак скрещивания в виде крестика (×). В строке ниже генотипа родителей выписывают типы производимых ими гамет. Гибридное потомство обозначают буквой F с соответствующим индексом ( $F_1$  – первое поколение,  $F_2$  – второе поколение и т.д.). Символом  $F_{\text{в}}$  обозначают возвратное скрещивание – это скрещивание гибрида  $F_1$  с одной из родительских форм. Особое значение имеет анализирующее скрещивание – скрещивание гибрида  $F_1$  (или организма неизвестного происхождения) с гомозиготной ре-