

государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Ростовской области
«Таганрогский медицинский колледж»

**Учебно-методическая разработка
для самоподготовки студентов к практическим занятиям по
ОУД_у 08 Биология
Раздел «Основы генетики и селекции»**

**Тема «Основные закономерности наследственности (моно-, ди- и
полигибридное скрещивание)»**

Специальность 34.02.01 Сестринское дело

Форма обучения: очная

Автор: Арсалан Ю.Г.
преподаватель ГБПОУ РО «ТМК»

Учебно-методическая разработка для самоподготовки студентов к практическим занятиям по теме «Основные закономерности наследственности (моно-, ди- и полигибридное скрещивание)» разработана в рамках освоения ОУД_y 08 Биология с учетом требований ФГОС среднего общего образования (утвержденного приказом Министерства образования и науки России от 17 мая 2012 года № 413), Приказом Министерства Просвещения России от 12.08.2022 № 732, зарегистрированном в Минюсте РФ 12.09.2022 № 70034 «О внесении изменений в ФГОС среднего общего образования, утвержденный приказом Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413», ФГОС среднего профессионального образования по специальности **34.02.01 Сестринское дело**, форма обучения: очная (Приказ Минпросвещения РФ от 04.07.2022 года № 527, зарегистрированный в Минюсте РФ 29.07.2022 № 69452), с учетом Федеральной образовательной программы СОО утвержденной Приказом Минпросвещения РФ №1014 от 23.11.2022 г., зарегистрированный в Минюсте РФ 22.12.2022 г. №71763.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Пояснительная записка	4
Самоподготовка к занятию по теме «Основные закономерности наследственности (моно-, ди- и полигибридное скрещивание)»	5
Введение	6
Блок информации	8
1. Моногибридное скрещивание	8
2. Дигибридное скрещивание	12
3. Сцепленное наследование	14
3.1. Хромосомная теория наследственности Т. Моргана	
3.2. Наследование, сцепленное с полом	
4. Решение и оформление генетических задач.	19
Задания для самоподготовки:	22
1. Задачи на моногибридное скрещивание	22
2. Задачи на дигибридное скрещивание	23
3. Задачи на сцепленное наследование	25
Список используемых источников	27
Приложения	28

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методическая разработка «Основные закономерности наследственности (моно-, ди- и полигибридное скрещивание)» основана на требованиях ФГОС СОО для проведения практических занятий.

Предметом исследования генетики являются два неразрывных свойства – наследственности и изменчивости. Наследственность способствует сохранению однородности вида. Благодаря наследственности организм сохраняет из поколения в поколение характерные для него черты. Генетические законы наследственности универсальны, они приемлемы для животных, растений и человека. Тема «Основные закономерности наследственности» имеет важное значение в профессиональной деятельности медицинских специалистов. Необходимо обладать знаниями в области генетики с целью сохранения здоровья и предупреждения наследственных заболеваний.

Для прочного усвоения знаний очень важно студенту научиться самостоятельно решать задачи по данному разделу курса. Решение таких задач вырабатывает генетическое мышление, создает целостное представление о закономерностях наследования признаков, сформулированных Г. Менделем, способствует усвоению генетической терминологии. В помощь студенту в данных методических указаниях приводятся примеры решения задач по разделу «Закономерности наследования признаков (моно-, ди- и полигибридное скрещивание)».

Настоящая методическая разработка содержит блок информации, раздел самоподготовки (решение задач), приложение с ответами и справочным материалом. Работа призвана помочь студентам с наименьшими затратами времени и наилучшим образом изучить данную тему, проверить степень усвоения материала и подготовиться к практическим занятиям.

наследственности (Моно-, Ди- и полигибридное скрещивание)»

Уважаемый студент!

Тема «Основные закономерности наследственности (моно-, ди- и полигибридное скрещивание)» является составной частью рабочей программы по ОУД_у 08 Биология, разработанной на основании положений ФГОС СОО. Данная методическая разработка поможет Вам закрепить теоретические знания по разделу, а также использовать эти знания для формирования практических навыков решения генетических задач.

Согласно требованиям ФГОС СОО, Вам необходимо освоить:

Предметные результаты:

- сформированность знаний о месте и роли биологии в системе естественных наук, в формировании современной естественнонаучной картины мира, о вкладе российских и зарубежных ученых - биологов в развитие биологии;

- умение владеть системой биологических знаний, которая включает:

- основополагающие биологические термины и понятия; биологические теории и законы: хромосомная теория наследственности Т. Морган; закон единообразия потомков первого поколения, расщепления признаков, независимого наследования признаков Г. Менделя, сцепленного наследования признаков и нарушения сцепления генов Т. Моргана; принципы (чистоты гамет, комплементарности);

- умение выделять существенные признаки: биологических процессов взаимодействия генов;

- умение устанавливать взаимосвязи между генотипом и фенотипом, фенотипом и факторами среды обитания;

- умение решать биологические задачи;

Личностные результаты:

ЛР 20 Сформированность здорового и безопасного образа жизни, ответственного отношения к своему здоровью;

ЛР 34 Осознание ценности научной деятельности, готовность осуществлять проектную и исследовательскую деятельность индивидуально и в группе.

ВВЕДЕНИЕ

Основные закономерности наследования признаков были сформулированы и доказаны Г. Менделем более ста лет назад при скрещивании различных сортов гороха. Им была опубликована работа «Опыты с растительными гибридами» (1865). Своим открытием Г. Мендель примерно на пол столетия опередил время. Поэтому его работы не были по достоинству оценены современниками и долгое время оставались почти неизвестными. И только в 1900 г. трое ученых – К. Коренс в Германии, Э. Чермак в Австрии и Г. Де Фриз в Голландии, проводя опыты по гибридизации различных растений, независимо друг от друга получили те же результаты, что и Г. Мендель. Мендель впервые доказал дискретность (делимость) наследственного материала и ввел понятие о наследственных факторах, позднее названных генами. Он показал, что наследуются не сами признаки, а наследственные факторы, определяющие эти признаки, и что у каждого организма наследственные факторы представлены парами: один аллель этой пары получен с гаметой от отца, а второй – от матери; половые клетки содержат от каждой аллельной пары только по одному наследственному фактору.

О том, что генетика играет большую роль для развития медицины, свидетельствует тот факт, что Нобелевские премии по медицине и физиологии были присуждены генетикам Т. Моргану (1933 г.), Мюллеру (1946 г.) за чисто теоретические исследования хромосомной теории наследования у дрозофилы и закономерности образования мутаций при воздействии рентгеновскими лучами.

В своих исследованиях Г. Мендель применял разработанный им гибридологический метод, который стал в дальнейшем основным методом классической генетики. Сущность гибридологического метода состоит в следующем:

1. Для изучения наследственности производится скрещивание организмов, которые отличаются друг от друга одной или несколькими парами контрастных, стабильных, альтернативных (взаимоисключающих) признаков.
2. В опытах проводится точный количественный учет всех организмов последующих поколений, которые различаются по каждой паре изучаемых признаков.
3. Производится индивидуальный анализ потомства от каждого

скрещивания в ряде последовательных поколений.

Мендель впервые применил символическое обозначение генотипа, где наследственные факторы, определяющие парные альтернативные признаки, обозначались парой одноименных букв латинского алфавита. Доминантную аллель Мендель обозначил заглавной буквой А, рецессивную аллель – строчной буквой а; генотип доминантной формы – АА, а рецессивной – аа; гибрид F_1 – Аа. Константные формы АА и аа, которые в последующих поколениях не дают расщепления называют **гомозиготными**, а формы Аа, дающие расщепление, – **гетерозиготными**. Совокупность наследственных задатков (генов), которыми обладает организм называется **генотипом**. Совокупность внешних и внутренних признаков организма, которые являются результатом взаимодействия генотипа организма и внешней среды, называется **фенотипом**. Причём, особи, имеющие разные генотипы, могут иметь одинаковый фенотип. Например, в генотипах АА и Аа присутствует доминантный ген А, обуславливающий красную окраску цветков гороха, и поэтому в обоих случаях, благодаря доминантному гену, будет одинаковое фенотипическое проявление – красная окраска цветков. Признак, который более развит и преобладает у потомства был назван **доминантным** и обозначен большими буквами латинского алфавита (А, В, С, D, ...); противоположный, подавляемый признак назван **рецессивным** и обозначен соответствующими малыми буквами (а, b, c, d ...). В природе широко распространено взаимодействие между генами, в значительной степени влияющее на характер расщепления при скрещивании. Известны взаимодействия между аллельными и неаллельными генами. Между аллельными генами существует полное и неполное доминирование. Известны следующие типы взаимодействия между неаллельными генами: эпистаз, полимерия, комплементарное действие генов, новообразования, модифицирующее влияние.

Следует иметь ввиду, что закономерности, установленные Менделем, справедливы лишь при условии, когда развитие одной пары признаков определяется парой аллельных генов и когда разные гены локализованы в разных (негомологичных) парах хромосом и могут в результате этого свободно (независимо) комбинироваться между собой как при образовании гамет, так и при их сочетании во время оплодотворения.

БЛОК ИНФОРМАЦИИ:

1. Моногибридное скрещивание.

В опытах Г. Мендель проводил скрещивание растений (гороха), относящихся к чистым линиям (т.е. не дающим расщепления в ряду поколений при самоопылении) и отличающихся по одному или большему числу признаков. Скрещивание особей, которые отличаются по одной паре альтернативных признаков, получило название **моногибридного скрещивания**.

Проводя моногибридное скрещивание, скрещивая горох с желтыми семенами с горохом с зелеными семенами, Г. Мендель установил, что гибриды первого поколения проявляют только один признак из альтернативной пары. Все гибриды были с желтой окраской семян.

Таким образом, при моногибридном скрещивании Г. Мендель получил единообразие признака у гибридов первого поколения. Это и есть первый закон наследования, установленный Г. Менделем. Сформулировать его можно следующим образом: **при скрещивании двух организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, все первое поколение будет единообразным и будет нести признак одного из родителей.**

При написании схемы скрещивания на первое место ставят материнский организм, обозначая его знаком ♀, а на второе – отцовский, обозначая символом ♂. Скрещивание обозначают знаком х. Родительские особи обозначают символом Р – первой буквой латинского слова parents – родители. Гибридное поколение принято обозначать символом F. Гибридологический анализ состоит из системы скрещиваний, куда входит получение первого поколения F₁, второго поколения F₂ и т.п

Генетическая схема моногибридного скрещивания

P :	Генотип	♀ AA	х	♂ а
	Фенотип	жёл.		зел.
G:		A		a
F ₁	Генотип	Aa		
	Фенотип	жёл.		

Из схемы видно, что имеет место единообразие гибридов 1-поколения.

После установления такой закономерности у Г. Менделя стал вопрос: исчезает ли непроявленный признак или он остается в скрытой форме в

наследственности гибрида. Для выяснения этого вопроса Г. Мендель скрестил гибриды 1-го поколения между собой, т.е. подверг их самоопылению. Оказалось, что во 2-ом поколении наряду с особями, которые несут доминантный признак, появились особи, имеющие признак другого родителя. В данном примере появился горох с зелеными семенами. Т.е. во 2-ом поколении имело место расщепление по данному признаку. Отсюда пришел вывод, что признаки, которые не проявлялись в первом поколении не исчезли, они просто не проявлялись в присутствии доминантного признака. Таким образом, было сформулировано два важнейших генетических принципа – доминантности и рецессивности.

Обнаружив расщепление во втором поколении, Г. Мендель экспериментально начал изучать этот вопрос. Он подверг гибриды первого поколения (Aa) самоопылению и строго количественно изучал расщепление их в потомстве. Используя статистический подход Г. Мендель установил, что количество доминантов относится к количеству рецессивов как 3:1, т.е. он получил расщепление по фенотипу 3A:1a.

Таким образом, Г. Мендель установил, что в условиях моногибридного скрещивания при скрещивании гибридов первого поколения, во 2-ом поколении имеет место расщепление по фенотипу в отношении 3A:1a и по генотипу 1AA:2Aa:1aa. Это и есть **закон расщепления при моногибридном скрещивании**, который установил Г. Мендель.

Генетическая схема скрещивания гибридов 1-го поколения.

P /F ₁ /	Генотип	♀ Aa	х	♂ Aa
	Фенотип	жёл.		жёл.
G:		A, a		A,a
F ₂	Генотип	AA	Aa	Aa aa
	Фенотип	жёл.	жёл.	жёл. зел.

Из схемы видно, что во 2-ом поколении появляются особи, как с доминантными, так и с рецессивными признаками, т.е. возникает расщепление. Это расщепление, как уже было показано, происходит по фенотипу в отношении 3A:1a и генотипу – 1AA:2Aa:1aa.

Расщепление в F₂ свидетельствует о том, что аллели расходятся при образовании гамет. Если бы они оставались вместе, то аллель, а не смог бы проявиться. При формировании гамет в каждую поступает только по одному

аллелю из пары (т.к. они распределяются поровну), не «разбавляясь» и не «смешиваясь». Это положение и названо в 1909г. английским ученым Бэтсоном *гипотезой чистоты гамет*.

Г. Мендель подверг гипотезу экспериментальной проверке. Он применил скрещивание, которое в настоящее время называется *анализирующее скрещивание*. Мендель скрестил особь, гетерозиготную по данному аллелю \underline{Aa} с рецессивной гомозиготой \underline{aa} . Если предположение Г. Менделя соответствовало действительности, то есть, если гетерозиготы \underline{Aa} дают половину гамет с аллелем \underline{A} , а другую половину с аллелем \underline{a} , а гомозиготы образуют гаметы с аллелем \underline{a} , тогда следует ожидать расщепление в потомках $1Aa:1aa$. Действительно Г. Мендель получил такие результаты, которые полностью подтвердили его гипотезу. *Таким образом, анализирующее скрещивание – это такое скрещивание, при котором испытываемую особь с доминантным признаком скрещивают с особью гомозиготной по рецессивному аллелю.* При этом выявляют гетерозиготность особи.

Сейчас мы знаем, что закономерности менделевского наследования связаны с парностью хромосом, с явлением мейоза и оплодотворением. Расхождение аллелей связано с расхождением гомологичных хромосом при мейозе. Вероятность комбинации аллелей отражает случайность сочетания гамет при оплодотворении.

Все случаи, рассмотренные выше относятся к наследованию, в котором доминантный ген в гетерозиготе полностью подавлял (не давал проявиться) рецессивный ген, отвечающий за проявление противоположного признака. Но в природе достаточно часто встречаются случаи, когда рецессивный ген полностью подавить не удастся. Для удобства сравним полное и неполное доминирование. Сравнительная характеристика полного неполного доминирования генов.

Полное доминирование	Неполное доминирование
1. Доминантный ген полностью подавляет действие рецессивного аллельного гена	1. Доминантный ген не полностью подавляет действие рецессивного аллельного гена
2. У гетерозигот (\underline{Aa}) функционирующим является только доминантный ген	2. У гетерозигот функционируют оба гена
3. У гибридов первого поколения	3. У гибридов первого поколения

проявляется признак одного из родителей	признак проявляется в промежуточной форме
4. Доминантная гомозигота (АА) и гетерозигота (Аа) имеют одинаковый генотип.	4. Доминантная гомозигота (АА) и гетерозигота (Аа) имеют разный фенотип
5. У гибридов второго поколения появляются два класса фенотипически (внешне) отличающихся особей	5. У гибридов второго поколения появляются три класса фенотипически отличающихся особей
6. У гибридов второго поколения отношение по фенотипу (3 : 1) и по генотипу (1 : 2 : 1) не совпадают	6. У гибридов второго поколения отношения по генотипу и по фенотипу совпадают (1 : 2 : 1)

Разберем конкретный пример. Ген А отвечает за формирование красного венчика у цветков растений душистого табака, а ген а – за формирование белого венчика. Таким образом, гомозиготные особи АА имеют красный венчик, а растения аа – белый. Поскольку, в данном случае доминирование гена А неполное, то гетерозиготы Аа имеют розовый цвет (оба гена участвовали в формировании окраски) .

Генетическая схема скрещивания при неполном доминировании.

Р	Генотип	♀ АА	х	♂ аа
	Фенотип	красные		белые
G:		А		а
F ₁	Генотип	Аа		
	Фенотип	розовые		
Р /F ₁ /	Генотип	♀ Аа	х	♂ Аа
	Фенотип	роз.		роз.
G		А, а		А,а
F ₂	Генотип	АА	Аа	Аа аа
	Фенотип	крас.	роз.	роз. бел.

(по генотипу и фенотипу: 1 : 2 : 1)

Неполное доминирование встречается довольно часто у растений, животных и человека. Например, при скрещивании крупного рогатого скота красной масти с белыми животными полученное потомство имеет чалую масть (результат равномерного перемешивания красных и белых волос). То же наблюдается при наследовании курчавости волос у человека, окраски оперения у кур.

Причина неполного доминирования состоит в том, что в ряде случаев у

гетерозиготных гибридов доминантный аллель недостаточно активен и не обеспечивает в полной мере подавления рецессивного признака.

2. Дигибридное скрещивание.

Г. Мендель установил еще один закон – закон независимого наследования признаков (или закон независимого наследования пар аллелей). Этот закон был выведен при анализе результатов скрещивания организмов, которые отличались двумя или большим числом пар признаков. Скрещивание организмов, которые отличаются двумя парами признаков, называют *дигибридным скрещиванием*.

В одном из своих опытов Г. Мендель скрестил сорт гороха с двумя доминантными признаками (с желтыми гладкими семенами - AABB) с сортом гороха с двумя рецессивными признаками (с желтыми морщинистыми семенами - aabb). Все первое поколение состояло из растений с желтыми гладкими семенами, т.е. имело место единообразие гибридов первого поколения. При этом реализовалось правило доминирования у гетерозиготных форм. Генотип гибридов характеризовался дигетерозиготностью.

Генетическая схема дигибридного скрещивания

P	♀ AABB	x	♂ aabb
Фенотипы	жёл.гл.		зел.морщ.
G:	AB		ав
F ₁	AaBb		
	жёл.гл.		

При скрещивании гибридов 1-го поколения во втором поколении появились 4 категории потомков. Кроме исходных форм AABB и aabb появились новые формы (комбинации): желтые морщинистые и зеленые гладкие. На основании этого Г. Мендель сделал вывод, что форма семян наследуется независимо от окраски.

Генетическая схема скрещивания гибридов 1-го поколения при дигибридном скрещивании

P /F ₁ /	♀ AaBb	x	♂ AaBb
Фенотип	жёлт.гл.		жёлт.гл.
G:	AB, Ab, aB, ab		AB, Ab, aB, ab
F ₂			

♀/♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB ж. гл.	AABb ж. гл.	AaBB ж. гл.	AaBb ж. гл.
Ab	AABb ж. гл.	AAbb ж. м.	AaBb ж. гл.	Aabb ж. м.
aB	AaBB ж. гл.	AaBb ж. гл.	aaBB з. гл.	aaBb з. гл.
ab	AaBb ж. гл.	Aabb ж. м.	aaBb з. гл.	aabb з. м.

Применяя статистический подход к анализу дигибридного расщепления Г. Мендель показал, что формула дигибридного расщепления в общей форме имеет следующий вид: 9AB:3Ab:3aB:1aa. Как следует из формулы расщепления, большая вероятность для проявления обоих доминантных признаков, наименьшая – для проявления обоих рецессивных признаков. При анализе оказалось, что при дигибридном расщеплении имеет место простое сочетание двух независимых друг от друга моногибридных расщепления.

12 желтых: 4 зеленых = 3:1

12 гладких: 4 морщинистых = 3:1

На основании своих данных Г. Мендель сформулировал закон независимого наследования признаков: в условиях дигибридного скрещивания при скрещивании гибридов 1-го поколения, во втором поколении расщепление по каждой паре признаков идет независимо от другой пары в отношении 3:1.

В настоящее время этот закон принято называть законом независимого наследования пар аллелей.

Внутреннюю сторону независимого наследования можно понять на основе законов парности хромосом, независимого расхождения гомологичных хромосом (аллельных генов) при мейозе и случайного сочетания гамет при оплодотворении.

Как явствует из схемы дигибридного скрещивания, согласно закона чистоты гамет у дигетерозигот (мужских и женских) образуется 4 категории гамет в равном количестве. Не трудно представить, что при равновероятном и случайном сочетании этих гамет при оплодотворении получится 16 комбинаций аллелей (2^4), которые обеспечивают развитие 4-х видов фенотипов: желтые гладкие, желтые морщинистые, зеленые гладкие, зеленые морщинистые в соотношении 9:3:3:1.

Таков механизм возникновения дигибридного расщепления, в основе которого лежит независимое комбинирование неаллельных генов. Но следует иметь в виду, что данный закон справедлив лишь, если две пары аллелей находятся в разных парах гомологичных хромосом.

Данный закон имеет большое значение, поскольку составляет основу комбинативной изменчивости.

Признаки, которые наследуются согласно законов Г. Менделя, называются менделирующими. Но надо иметь в виду, что все менделирующие признаки контролируются одним геном, т.е. наследуются моногенно. Отдельные гены человека показывают типичное менделевское наследование. В настоящее время известны тысячи моногенных признаков человека, причем, многочисленные дефекты человека и наследственные болезни подчиняются менделеевским законам наследования.

3. Сцепленное наследование

3.1. Хромосомная теория наследственности Т. Моргана

Законы Г. Менделя имеют свои ограничения. Они справедливы только в тех случаях, когда гены рассматриваемых признаков располагаются в разных негомологичных хромосомах. После их открытия в науке постепенно стали накапливаться факты о том, что в некоторых случаях расщепление признаков происходит не по правилам Г. Менделя. В 1911 – 1912 годах Т. Морган и сотрудники проверили проявление третьего закона Менделя, проводя опыты на мухах дрозофилах. Муха дрозофила стала классическим объектом для генетических экспериментов. Дрозофил легко содержать в

лабораториях, у них высокая плодовитость, быстрая смена поколений (при оптимальных условиях содержания новое поколение возникает каждые полторы-две недели), небольшое число хромосом (8), что упрощает наблюдения. Т. Морган исследовал наследование двух пар альтернативных признаков: цвета тела (серый и чёрный) и размер крыльев (нормальные и короткие). При скрещивании гомозиготных особей с такими признаками получили единообразие гибридов первого поколения – мух с серым телом и нормальными крыльями. Подтвердился I закон Менделя.

P генотип: ♀ AABV x ♂ aavv

фенотип: серое, норм. черное коротк.

G : AB av

F1: генотип AaBb

Фенотип серое тело нормальные крылья

Далее Морган решил провести анализирующее скрещивание гибридов первого поколения. Он взял рецессивную гомозиготную самку и скрестил её с дигетерозиготным самцом.

P: генотип ♀ aavv x ♂ AaBb

Фенотип черное кор. серое норм.

G: av AB, av

F1 AaBb, aavv

50 % 50 % серое тело черное тело норм. крылья короткие крылья.

При свободном комбинировании генов, согласно III закону Менделя, в поколении должны были бы появиться в равном количестве (по 25 %) мухи четырёх разных фенотипов, так как гаметы ♂ должны были быть следующими: AB, Ab, aB, ab. В результате опыта получили только два фенотипа по 50 %. Морган пришёл к выводу, что поскольку у организмов генов много, а хромосом относительно мало, то, следовательно, каждая хромосома содержит большое количество генов, и гены, локализованные в одной хромосоме, передаются вместе, т.е. сцепленно. Гены, локализованные в одной хромосоме, обычно передаются вместе и составляют одну группу сцепления. Так как в гомологичных хромосомах локализованы аллельные гены, то группу сцепления составляют две гомологичные хромосомы и, следовательно, количество групп сцепления соответствует количеству пар хромосом (или гаплоидному числу хромосом). Так, у мухи дрозофилы всего

8 хромосом – 4 группы сцепления, у человека 46 хромосом – 23 группы сцепления, у гороха 14 хромосом – 7 групп сцепления. Если гены, локализованные в одной хромосоме, передаются вместе (как в разобранный примере), то такое сцепление называется полным. Однако при дальнейшем анализе сцепления генов было обнаружено, что в некоторых случаях оно может нарушаться. На самом деле в опыте Моргана получился следующий результат: 41,5% особей имели серое тело и нормальные крылья, 41,5% – черное тело и короткие крылья, 8,5% – серое тело и короткие крылья и 8,5% – черное тело и нормальные крылья. Таким образом, расщепление приближалось к соотношению фенотипов 1:1 (как в случае сцепленного наследования), но вместе с тем проявились все четыре варианта фенотипа (как в случае независимого наследования). На основании этих данных Т. Х. Морган предположил, что гены, определяющие окраску тела и форму крыльев, расположены в одной хромосоме, но в процессе мейоза при образовании гамет гомологические хромосомы могут обмениваться участками, т.е. имеет место явление, получившее название перекрёст хромосом, или кроссинговер. Если дигетерозиготную самку дрозофилы скрестить с рецессивным самцом, результат будет следующий: получается 4 типа потомков: 41,5 % особей с серым телом и длинными крыльями, 41,5 % с чёрным телом и короткими крыльями и по 8,5 % мух с серым телом и короткими крыльями и с чёрным телом и длинными крыльями. В этом случае сцепление неполное, т.е. гены, локализованные в одной хромосоме, не всегда передаются вместе. Это связано с явлением кроссинговера. Кроссинговер – это обмен участками гомологичных хромосом в профазе первого мейотического деления. Таким образом, вследствие кроссинговера происходит рекомбинация – появление новых сочетаний наследственных задатков в хромосомах. Величина кроссинговера, отражающая силу сцепления между генами, измеряется отношением числа рекомбинантов к общему числу особей в потомстве от анализирующего скрещивания и выражается в процентах.

В 1910 Т. Морган показал связь между конкретными генами и хромосомами.

Основные положения хромосомной теории наследственности:

1. Гены локализованы в хромосомах
2. Гены расположены в хромосоме в определённой последовательности

3. Гены наследственно дискретны
4. Каждый ген имеет определённое место (локус) в хромосоме
5. Гены относительно стабильны
6. Гены могут изменяться (мутировать)
7. Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно, образуя группы сцепления
8. Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом и постоянно для каждого вида (у - 23, у - 24-22 аутосомы, х и у - хромосомы)
9. Сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера, в результате образуются рекомбинантные хромосомы
10. Частота кроссинговера прямо пропорциональна расстоянию между генами, измеряется в процентах кроссинговера, 1% кроссинговера = 1 морганиде
11. Сцепление генов и кроссинговер позволяют проводить картирование хромосом

3.2 Наследование, сцепленное с полом.

Такое наследование получило название «крисс – кросс» (или «крестнакрест») сыновья наследуют фенотипический признак матери, а дочери - признак отца. Пол – представляет собой совокупность признаков и свойств организма, обеспечивающих воспроизведение потомства и передачу наследственной информации. Как правило, самки и самцы различаются фенотипически, т.е. обладают половым диморфизмом. Половой диморфизм – это различия морфологических, физиологических и биохимических признаков у особей разных полов, т. е. признаков, по которым женская особь отличается от мужской, а зависит он от особых хромосом. Хромосомы, по которым различаются организмы мужского и женского пола, называются половыми хромосомами. Те из них, которые одинаковы у особей мужского и женского полов и являются парными у одного из них, получили название Х-хромосом. Непарная половая хромосома, имеющаяся у организмов одного пола и отсутствующая у организмов другого пола, была названа Y-хромосомой. Те же хромосомы, по которым мужской и женский пол не различаются, называются аутосомами. Следовательно, у любого вида особи обоих полов имеют одинаковые аутосомы и одну из Х-хромосом. Различаются же они тем, что у одного пола две Х-хромосомы, а у другого – одна Х- и одна Y-хромосома. Естественно, что особи разных полов

производят при этом разные гаметы. У одних гаметы содержат только X-хромосомы, а у других – или X-, или Y-хромосому. Пол, образующий одинаковые гаметы в отношении половых хромосом, называют гомогаметным, а тот, который производит гаметы двух видов, – гетерогаметным. Таким образом, например у человека, из 46 хромосом- 44 аутосомы и две одинаковых половых XX, у мужчин- 44 аутосомы и две разных половых- XY. У всех животных и двудомных растений наблюдается примерно равное количество организмов мужского и женского пола, т. е. соотношение полов равно: 1 : 1. Это соотношение похоже на расщепление в моногибридном анализирующем скрещивании, когда одна из родительских форм является гетерозиготной (Aa), а вторая – гомозиготной по рецессивному признаку (aa).

Если гены, определяющие какой либо признак расположены в аутосомах, то наследование признака происходит независимо от того, кто его носитель – мужчина или женщина. Если гены признака расположены в половых хромосомах, то его наследование будет определяться его расположением в X или Y хромосоме, а значит и принадлежностью к определённому полу. Признаки, развитие которых обусловлено одиночным аллелем, расположенным в одной из альтернативных половых хромосом, получили название сцепленных с полом. Признаки преимущественно развиваются у одного из двух полов и по-разному наследуются у мужчин и женщин. Признаки, сцепленные с X-хромосомой, могут быть рецессивными и доминантными. К рецессивным относятся: атрофия зрительного нерва, гемофилия, дальтонизм (неспособность различать красный и зеленый цвета). К доминантным — рахит, не поддающийся лечению витамином D, и темная эмаль зубов. Помимо X-сцепленных, у мужчин имеются Y-сцепленные признаки. Они называются голандрическими и локализованы в тех районах Y-хромосом, которые не имеют аналогов в X-хромосоме. Голандрические признаки также определяются одним аллелем, а поскольку их ген находится только в Y-хромосоме, то выявляются они только у мужчин и передаются от отца ко всем сыновьям. К голандрическим признакам относятся: волосатость ушей, перепонки между пальцами ног, ихтиоз (кожа имеет глубокую исчерченность и напоминает рыбью чешую). Чаще всего встречаются задачи на наследование таких сцепленных с полом болезней как гемофилия и дальтонизм. Гемофилия — наследственная болезнь, передаваемая по

рецессивному сцепленному с X-хромосомой, типу, проявляющаяся повышенной кровоточивостью. Передается по наследству через потомство сестер и дочерей больного. Женщины-носительницы передают гемофилию не только своим детям, а через дочерей-носительниц — внукам и правнукам, иногда и более позднему потомству. Болеют мальчики (гемофилия С встречается и у девочек). Выделяют три формы гемофилии — А, В и С. При гемофилии А отсутствует фактор VIII, при гемофилии В — фактор IX и при гемофилии С — фактор XI свертывания крови. Здоровы: женщины $X^H X^H$ и $X^H X^h$ (последних называют носительницами), мужчины- $X^H Y$. Больны: женщины – $X^h X^h$, мужчины- $X^h Y$.

4. Решение и оформление генетических задач.

Для успешного решения задач по данной теме, необходимо усвоить несколько простых правил.

1. Каждая гамета получает гаплоидный набор хромосом (генов). Все хромосомы (гены) имеются в гаметах.

2. В каждую гамету попадает только одна гомологичная хромосома из каждой пары (только один ген из каждой аллели).

3. Число возможных вариантов гамет равно $2n$, где n – число хромосом, содержащих гены в гетерозиготном состоянии.

4. Одну гомологичную хромосому (один аллельный ген) из каждой пары ребенок получает от отца, а другую (другой аллельный ген) – от матери.

5. Гетерозиготные организмы при полном доминировании всегда проявляют доминантный признак. Организмы с рецессивным признаком всегда гомозиготны.

6. Решение задачи на дигибридное скрещивание при независимом наследовании обычно сводится к последовательному решению двух задач на моногибридное (это следует из закона независимого наследования).

Кроме того, необходимо соблюдать алгоритм решения задач.

Алгоритм решения задач по генетике

1. Внимательно прочитать условие задачи, записать его, выделив доминантные и рецессивные признаки и используя принятую генетическую символику и сокращения (фенотипы записать обязательно!).

2. Внести в условие известные гены: там, где проявляется доминантный признак – один ген ($A_$), а где рецессивный – оба (aa).

3. Уточнить генотипы членов семьи, на основании знаний о том, что

генотип родителей формируется из генов, полученных ими от родителей.

4. Зная генотипы родителей, выяснить, какие гаметы они дают. В гаплоидной гамете находится по одному гену из каждой пары аллелей.

5. Заполнить решетку Пеннета, найти в ней интересующие нас генотипы или фенотипы и вычислить в процентах вероятность их появления.

6. Дать ответ на вопрос задачи.

Оформление задач по генетике.

При оформлении задач необходимо уметь пользоваться символами, принятыми в традиционной генетике и приведенными ниже:

♀ женский организм

♂ мужской организм

× знак скрещивания

P родительские организмы

F1, F2 дочерние организмы первого и второго поколения

G гаметы

A, B, C... гены, кодирующие доминантные признаки

a, b, c... аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки

AA, BB, CC... генотипы особей, моногетерозиготных по доминантному признаку

Aa, Bb, Cc... генотипы моногетерозиготных особей

aa, bb, cc... генотипы рецессивных особей

AaBb, AaBbCc генотипы ди- и тригетерозигот

Пример решения и оформления задач

Задача. У человека альбинизм – аутосомный рецессивный признак. Мужчина альбинос женился на женщине с нормальной пигментацией. У них родилось двое детей – нормальный и альбинос. Определить генотипы всех указанных членов семьи.

Ген Признак

A - нормальная пигментация

A- альбинизм

I. Запись схемы брака по фенотипам (на черновике)

P	♀	×	♂
	нормальная		альбинос
	пигментация		

F₁ aa A*

Альбинос нормальная пигментация

II. Выяснение и запись генотипов, известных по условию задачи

Генотип особи с рецессивным признаком известен – aa. Особь с доминантным признаком имеет генотип A*:

P ♀A* × ♂aa
 норма альбинос

F₁ aa альбинос A* норма

III. Определение генотипов организмов по генотипам родителей и потомков

1. Генотип мужчины и ребенка альбиносов – aa, так как оба они несут рецессивный признак.

2. Женщина и здоровый ребенок имеют в своем генотипе доминантный ген A, потому что у них проявляется доминантный признак.

3. Генотип ребенка с нормальной пигментацией – Aa, поскольку его отец гомозиготен по рецессиву (aa) и мог передать ему только ген a.

4. Один из детей имеет генотип aa. Один аллельный ген ребенок получает от матери, а другой от отца. Поэтому мать должна нести рецессивный ген a. Ее генотип – Aa.

IV. Запись хода рассуждений по выяснению генотипов и схемы брака в чистовик

P ♀Aa × ♂aa
 норма альбинос

G A ,a a

F₁ aa Aa
 альбинос 50% норма 50%

V. Ответ Генотип мужа – aa, жены – Aa, ребенка с нормальной пигментацией – Aa, ребенка-альбиноса – aa

Задания для самоподготовки студента.

1. Задачи на моногибридное скрещивание.

Задача 1. Ген черной масти у крупнорогатого скота доминирует над геном красной масти. Какое потомство F_1 получится от скрещивания чистопородного черного быка с красными коровами? Какое потомство F_2 получится от скрещивания между собой гибридов?

Задача 2. Гладкая окраска арбузов наследуется как рецессивный признак. Какое потомство получится от скрещивания двух гетерозиготных растений с полосатыми плодами.

Задача 3. У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухонемоты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха. От брака глухонемой женщины с нормальным мужчиной родился глухонемой ребенок. Определить генотипы всех членов семьи.

Задача 4. Седая прядь волос у человека – доминантный признак. Определить генотипы родителей и детей, если известно, что у матери есть седая прядь волос, у отца – нет, а из двух детей в семье один имеет седую прядь, а другой не имеет.

Задача 5. Комолость у крупного рогатого скота доминирует над рогатостью. Комолый бык Васяка был скрещен с тремя коровами. От скрещивания с рогатой коровой Зорькой родился рогатый теленок, с рогатой коровой Буренкой – комолый. От скрещивания с комолой коровой Звездочкой родился рогатый теленок. Каковы генотипы всех животных, участвовавших в скрещивании?

Задача 6. При скрещивании растений ночной красавицы из чистых линий с алыми и желтыми цветками все потомки имели оранжевую окраску цветков. Что получится, если скрестить растения с оранжевыми цветками между собой?

Задача 7. Сортовые растения красноплодной смородины при скрещивании между собой дают красноплодные же формы, а белоплодной смородины – белоплодные формы. При скрещивании этих сортов потомство имеет розовые ягоды. Какое потомство получится, если опылить красноплодную смородину пыльцой гибридной смородины с розовыми ягодами?

Задача 8. У львиного зева растения с широкими листьями при скрещивании между собой всегда дают потомство с такими же листьями, а

при скрещивании узколистного растения с широколистным возникают растения с листьями промежуточной ширины. Каким будет потомство от скрещивания двух особей с листьями промежуточной ширины?

Задача 9. При скрещивании вихрастой и гладкошерстной морских свинок получено потомство: 2 гладкошерстные свинки и 3 вихрастые. Известно, что гладкошерстность является доминантным признаком. Каковы генотипы родителей?

Задача 10. У родителей, страдающих миоплегией (периодические параличи), родился нормальный ребенок. Какова вероятность рождения в этой семье второго здорового ребенка?

2. Задачи на дигибридное скрещивание.

Задача 1. У плодов арбуза может быть зеленая или полосатая, форма плода длинная или круглая. Гомозиготное растение с длинными зелеными плодами скрещено с гомозиготными же, имеющим круглые полосатые плоды. В первом поколении плоды круглые и зеленые. Запишите генотипы всех растений.

Задача 2. В потомстве растений тыквы с белыми дисковидными плодами оказалось 30 растений с белыми дисковидными плодами, 11 с белыми шаровидными. 9 с желтыми дисковидными и 3 с желтыми шаровидными. Определите генотипы родителей и потомства. Какая часть F₁ при самоопылении не даст расщепления в F₂?

Задача 3. Оба родителя с кудрявыми волосами и веснушками, а дочь - с прямыми волосами и без веснушек. Она вышла замуж за юношу с кудрявыми волосами и без веснушек. Мать юноши с прямыми волосами и без веснушек. Каких детей можно ожидать в молодой семье?

Задача 4. У человека нормальный слух определяется доминантным геном, а рецессивный аллель ответственен за глухоту. Дочь здоровых родителей родилась глухой. Кроме того оказалась левшой. Определите, может ли в этой семье родиться здоровый ребенок и правша, как родители? Какова вероятность этого события.

Задача 5. У человека праворукость доминирует над леворукостью, кареглазость над голубоглазостью. Голубоглазый правша женился на кареглазой правше. У них родилось двое детей – кареглазый левша и голубоглазый правша. От второго брака этого же мужчины с кареглазой правшой родилось девять кареглазых детей, оказавшихся правшами.

Определить генотипы мужчины и обеих женщин.

Задача 6. Тыкву, имеющую желтые плоды дисковидной формы, скрестили с тыквой, у которой были белые шаровидные плоды. Все гибриды от этого скрещивания имели белую окраску и дисковидную форму плодов. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей и потомства?

Задача 7. У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, колючие семенные коробочки над гладкими. От скрещивания дурмана с пурпурными цветками и гладкими коробочками с растением, имеющим белые цветки и колючие коробочки, получено 320 растений с пурпурными цветками и колючими коробочками и 423 – с пурпурными цветками и гладкими коробочками. Каковы генотипы исходных организмов и потомства?

Задача 8. Глухота и болезнь Вильсона (нарушение обмена меди) – рецессивные признаки. От брака глухого мужчины и женщины с болезнью Вильсона родился ребенок с обеими аномалиями. Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка?

Задача 9. Полидактилия (многопалость) и отсутствие малых коренных зубов передаются как доминантные аутосомные признаки. Гены этих признаков находятся в разных парах хромосом. Какова вероятность рождения детей без аномалий в семье, где оба родителя страдают данными заболеваниями и гетерозиготны по этим парам генов?

Задача 10. У человека брахидактилия (укорочение пальцев) – доминантный признак, а альбинизм – рецессивный. Какова вероятность рождения ребенка с двумя аномалиями у гетерозиготных по обоим признакам родителей?

3. Задачи на сцепленное наследование генов.

Задача 1. Катаракта и полидактилия (многопалость) вызываются доминантными аллелями двух генов, расположенных в одной паре аутосом. Женщина унаследовала катаракту от отца, а многопалость – от матери. Определить возможные фенотипы детей от ее брака со здоровым мужчиной. Кроссинговер отсутствует.

Задача 2. У гороха гладкая форма семян и наличие усиков определяется доминантными генами, а морщинистая форма семян и отсутствие усиков – рецессивными генами. Гены указанных признаков локализованы в одной хромосоме, сцепление полное. Скрестили

гомозиготное по доминантным признакам растение с растением, у которого нет усиков, а семена морщинистые. Определите генотипы и фенотипы гибридов первого и второго поколений.

Задача 3. При скрещивании кукурузы с гладкими окрашенными семенами с растениями, имеющими морщинистые неокрашенные семена, потомство оказалось с гладкими окрашенными семенами. А от анализирующего скрещивания получено 8304 растения с гладкими окрашенными семенами, 298 – с морщинистыми окрашенными, 304 – с гладкими неокрашенными, 8326 – с морщинистыми неокрашенными. Запишите схему скрещивания.

Задача 4. У человека резус-положительность и эллиптоцитоз определяются сцепленными доминантными генами. В брак вступает мужчина с эллиптоцитозом и резус-положительным фактором (мать которого имела отрицательный резус-фактор, а отец был болен эллиптоцитозом) и здоровая женщина, имеющая отрицательный резус-фактор. Определите вероятность возможных фенотипов детей в этой семье.

Задача 5. У мух дрозофил гены, определяющие окраску тела и длину крыльев, сцеплены, причем серое тело и длинные крылья доминируют над черным телом и редуцированными крыльями. Гетерозиготную серую самку с длинными крыльями скрестили с черным самцом, имеющим редуцированные крылья. Сколько фенотипов можно ожидать в потомстве, учитывая, что при образовании гамет у самки происходит кроссинговер.

Задача 6. Катаракта и полидактилия обусловлены аутосомно-доминантными тесно сцепленными генами. Ген А сцеплен с геном В (кроссинговер не происходит). Какое потомство можно ожидать в семье у родителей, гетерозиготных по двум парам генов, если известно, что матери обоих супругов страдали только катарактой, а отцы – только полидактилией.

Задача 7. Рецессивный ген гемофилии (несвертываемость крови) сцеплен с X-хромосомой (с полом). Отец девушки страдает гемофилией, тогда как мать в этом отношении здорова и происходит из семьи, благополучной по данному заболеванию. Девушка выходит замуж за здорового юношу. Что можно сказать о будущих сыновьях и дочерях.

Задача 8. Гемофилия у человека обусловлена рецессивным геном, сцепленным с X-хромосомой. У здоровых родителей родился один здоровый

сын и три здоровые дочери, а один сын оказался гемофиликом. Какова вероятность рождения детей- гемофиликов у дочерей если они выйдут замуж за здоровых мужчин?

Задача 9. У человека отсутствие потовых желез передается как сцепленный с X-хромосомой рецессивный признак, а оволосение ушной раковины (гипертрихоз) передается через Y-хромосому. Какое потомство можно ожидать в семье, если известно, что отец страдал гипертрихозом и отсутствием потовых желез, а жена была здорова, однако ее отец не имел потовых желез?

Задача 10. Один из видов задержки умственного развития у человека может быть обусловлен рецессивным геном, сцепленным X-хромосомой. Альбинизм (отсутствие пигментации) обусловлен рецессивным аутосомным геном. В семье у здоровых родителей родился сын - альбинос с задержкой умственного развития. Определить генотипы родителей. Какова вероятность рождения в этой семье здоровых детей?

Список используемых источников.

1. Кириленко А.А. Биология. Сборник задач по генетике для подготовки к ЕГЭ. Учебно-методическое пособие. 6-изд. – Ростов н/Д: Легион, 2021. – 272 с.
2. Гуляев, Г.В. Генетика / Г.В. Гуляев. – М.: Колос, 1998. – 351 с.
3. Жимулев, И. Ф. Общая и молекулярная генетика /И.Ф. Жимулев. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2003. – 479 с.
4. Адельшин Ф.К. Генетика в задачах: учебное пособие / Ф.К. Адельшин, Г.А. Адельшина. - М.: Просвещение, Профильная школа, 2017.
5. Ермакова М.В. Задачи по молекулярной Биологии и Генетике 10-11 класс. Теория и практика / М.В. Ермакова, В.Б. Захаров. – М.: Русское слово, 2019.

Интернет-ресурсы:

1. Официальный сайт института цитологии и генетики СО РАН [Электронный ресурс] // www.bionet.nsc.ru/publ:c/
2. Форум о генетике и молекулярной биологии [Электронный ресурс] // www.genoforum.ru
3. Сайт института общей генетики [Электронный ресурс] // www.vigg.ru

Ответы к задачам для самоподготовки.

Уважаемый студент! После самостоятельного решения задач, сверьтесь с ответами.

1. Ответы к задачам на моногибридное скрещивание.

Задача 1. При скрещивании чистопородного черного быка с красными коровами все потомство будет черного цвета. При скрещивании между собой гибридов F_1 в их потомстве F_2 будет наблюдаться расщепление: $3/4$ особей будет черного цвета, $1/4$ – красного.

Задача 2. При скрещивании двух гетерозиготных растений получится растений с полосатыми плодами: 25% – с генотипом АА, 50% – с генотипом Аа, 25% растений – с гладкими плодами (генотип аа).

Задача 3. Генотип женщины – аа, мужчины – Аа, ребенка – аа.

Задача 4. Генотип матери – Аа, отца – аа, ребенка с седой прядью – Аа, ребенка без седой пряди – аа.

Задача 5. Генотип быка – Аа, рогатых коров – аа, комолой коровы – Аа, генотип первого теленка – аа, второго – Аа, третьего – аа.

Задача 6. АА- алые, Аа- оранжевые, аа- желтые. Неполное доминирование. Родители: Аа и Аа (оранжевые). Гаметы – А, а (у каждого). Потомство: по генотипу (фенотипу) – 1АА (алые) : 2Аа (оранжевые) : 1аа (желтые). По фенотипу - 1 : 2 : 1. Ответ: будут растения с цветками разных цветов- 25% алых, 50% оранжевых, 25% желтых.

Задача 7. АА- красные ягоды, Аа- розовые ягоды, аа- белые ягоды. Неполное доминирование. Родители: АА (красные ягоды) и Аа (розовые). Гаметы – А, А и А, а.. Потомство:– 1АА (красные ягоды) : 1Аа (розовые ягоды). По фенотипу - 1 : 1. Ответ: будет 50% растений с красным ягодами и 50%- с розовыми.

Задача 8. АА- широкие листья, Аа- листья промежуточной ширины, аа- узкие листья. Неполное доминирование. Родители: Аа (промежуточная ширина) и Аа (промежуточная ширина). Гаметы – А, а (у каждого). Потомство – 1АА (широкие листья) : 2Аа (промежуточные) : 1аа (узкие листья). Ответ: будет 25% растений с широкими листьями, 50% растений с листьями промежуточной ширины, 50%- с узкими листьями.

Задача 9. Родители : аа (вихрастые.) и Аа (гладкошерстные). Гаметы: а и А, а. Потомство: 1Аа (гладкошерстные)- по задаче 2шт. : 1 аа (вихрастые)-

по задаче 3 шт. Ответ: родители : aa (вихрастые) и Aa (гладкошерстные).

Задача 10. Поскольку в этой семье родился ребенок с противоположным признаком, то его генотип может быть только гомозиготой по рецессивному признаку (aa), а у его родителей обязательно есть рецессивный ген, то есть генотип у них- Aa. Значит, можно воспользоваться вторым законом: расщепления. Согласно ему, генотип aa появится в 25% случаев (по генотипу расщепление 1:2:1). Ответ: рождение здорового ребенка возможно в 25% случаев.

2. Ответы к задачам на дигибридное скрещивание.

Задача 1. Родители: aaBB- длинные зеленые и AAbb- круглые полосатые. Дети: AaBb- круглые зеленые.

Задача 2. Родители: AaBb- белые дисковидные. Дети: 30 A-B- белые дисковидные. 11 A-bb белые шаровидные, 9 aaB- желтые дисковидные, 3 aabb желтые шаровидные. Исходя из 3 закона Г.Менделя получится, 3-4 AABb, 3-4 AAbb, 3 aaBB, 3 aabb, т.е. 13 штук из 53 (25%).

Задача 3. Родители: AaBb кудрявые с веснушками. Дочь: aabb прямые волосы без веснушек (гаметы: ab), ее муж- AaBb кудрявый без веснушек (гаметы: Ab, ab). Их дети все без веснушек, с прямыми или кудрявыми волосами aabb, AaBb (1:1).

Задача 4. Родители: оба- Aa (здоровы). Гаметы родителей A, a. Дочь- aa (больна). Согласно закону расщепления вероятность такого генотипа 25%.

Задача 5. Генотип мужчины – aaBb, его первой жены – AaBb, второй, возможно, – AABb.

Задача 6. Генотип исходных особей – aaBB и AAbb. Генотип потомства – AaBb.

Задача 7. Генотип исходных растений – AAbb и aaBb. Генотип потомков – AaBb и Aabb.

Задача 8. Вероятность рождения здорового ребенка – $1/4$ (25%).

Задача 9. Вероятность рождения детей без аномалий равна $1/16$.

Задача 10. Генотип родителей по условию задачи известен. Построив решетку Пеннета, можно убедиться, что вероятность рождения детей с двумя заболеваниями (генотип AAbb и Aabb) будет равна $3/16$.

3. Ответы к задачам на сцепленное наследование генов.

Задача 1. 50% детей будут многопальными, 50% – унаследуют катаракту.

Задача 2. P: AABb, aabb; F₁: AaBb-100% гладкие с усиками; F₂: 9 A_B_ -

гладкие с усиками, 3 A_{vv} -гладкие без усиков, 3 aaV_{-} - морщинистые с усиками, 1 $aavv$ - морщинистые без усиков.

Задача 3. $P_1 : AABV$, $aavv$, $F_1 : AaVv$ -100% гладкие окрашенные; P_2 : $AaVv$, $aavv$, F_2 : $AaVv$ - гладкие окрашенные, $Aaavv$ - гладкие неокрашенные, $aaVv$ - морщинистые окрашенные, $aavv$ - морщинистые неокрашенные.

Задача 4. А-резус положительный, а- резус отрицательный; В- эллиптоцитоз, в- нет болезни. Отец: $AV//aV$ (резус положительный, эллиптоцитоз). Гаметы: $AV/$ и $aV/-$ некрссоверные, $AV/$ и $av/-$ крссоверные. Мать: $av//av$ (резус отрицательный; нет болезни). Гаметы: $av/$. Возможно рождение детей: 35% $AV//av$ (резус положительный, нет болезни) : 35% $aV//av$ (резус отрицательный; эллиптоцитоз) : 15% $AV//av$ (резус положительный, эллиптоцитоз) : 15% $av//av$ ((резус отрицательный, нет болезни).

Задача 5. Образуется 4 фенотипа: $A_{-}V_{-}$ - серые длинные, $A_{-}vv$ - серые укороченные, aaV_{-} -черные длинные, $aavv$ - черные укороченные.

Задача 6. Генотипы супругов: $AaVv$. Генотип матерей супругов: $AaVv$. Генотип отцов супругов: $aaVV$. Супруги образут только два типа гамет: AV и av . Генотипы потомства: $AABV$, $AaVv$, $AaVv$, $aavv$.

Задача 7. Признаки: нормальная свертываемость крови- X^H , гемофилия- X^h . Отец девушки – гемофилик, значит, единственная X -хромосома в его генотипе несет рецессивный ген (X^hY). Мать девушки и ее предки здоровы: следовательно, полученная от нее дочерью вторая X хромосома имеет доминантный ген нормальной свертываемости крови (X^HX^H). Таким образом, генотип девушки X^HX^h , генотип юноши X^HY . Ответ: все дочери будут фенотипически здоровы, но из них 50% могут оказаться носителями гена гемофилии, а сыновья 50% -здоровы, 50% - больны гемофилией.

Задача 8. Мать: X^HX^h (гаметы- X^H , X^h) здорова. Отец : X^HY (гаметы- X^H , Y) здоров. Дети: девочки здоровы X^HX^H и X^HX^h (носительница). Мальчики 1 X^HY здоров, 1 X^hY гемофилик. Ответ: у девочки- носительницы, как и у ее матери, может родиться сын- гемофилик с вероятностью 50%.

Задача 9. 6. X^A - здоровые, X^a – больные; Y^B - нет гипертрихоза, Y^b – гипертрихоз. Отец: X^aY^B (гаметы- X^a , Y^B) отсутствуют потовые железы, гипертрихоз. Мать: X^AX^a (гаметы- X^A , X^a) здорова. Дети: девочки- X^AX^A и X^AX^a здоровы; мальчики- X^AY^B здоровы, гипертрихоз, X^aY в отсутствуют потовые железы, гипертрихоз. Все мальчики с гипертрихозом, но с болезнью

может родиться каждый второй.

Задача 10. А- нормальная пигментация кожи, а- альбинизм, X^B - здоровые,

X^b – задержка умственного развития. Мать: Аа $X^B X^b$ (гаметы- $A X^B$, $a X^B$, $A X^b$, $a X^b$), отец: Аа $X^B Y$ (гаметы- $A X^B$, $a X^B$, $A Y$, $a Y$). Сын- аа $X^B Y$.
Возможность рождения детей: девочек- $1 A A X^B X^B$: $1 A A X^B X^b$: $2 A a X^B X^B$: $2 A a X^B X^b$ (все с нормальной пигментацией кожи, здоровые), $1 a a X^B X^B$: $1 a a X^B X^b$ (альбиносы, здоровые). Мальчики: $1 A A X^B Y$: $2 A a X^B Y$ (с нормальной пигментацией кожи, здоровые) : $1 A A X^b Y$: $1 A a X^b Y$ (с нормальной пигментацией кожи, с задержкой умственного развития) : $1 a a X^B Y$ (альбиносы, здоровые) : $1 a a X^b Y$ (альбиносы, с задержкой умственного развития). Ответ: полностью здоровыми могут родиться 100% девочек и $3/8$ (37,5%) мальчиков.