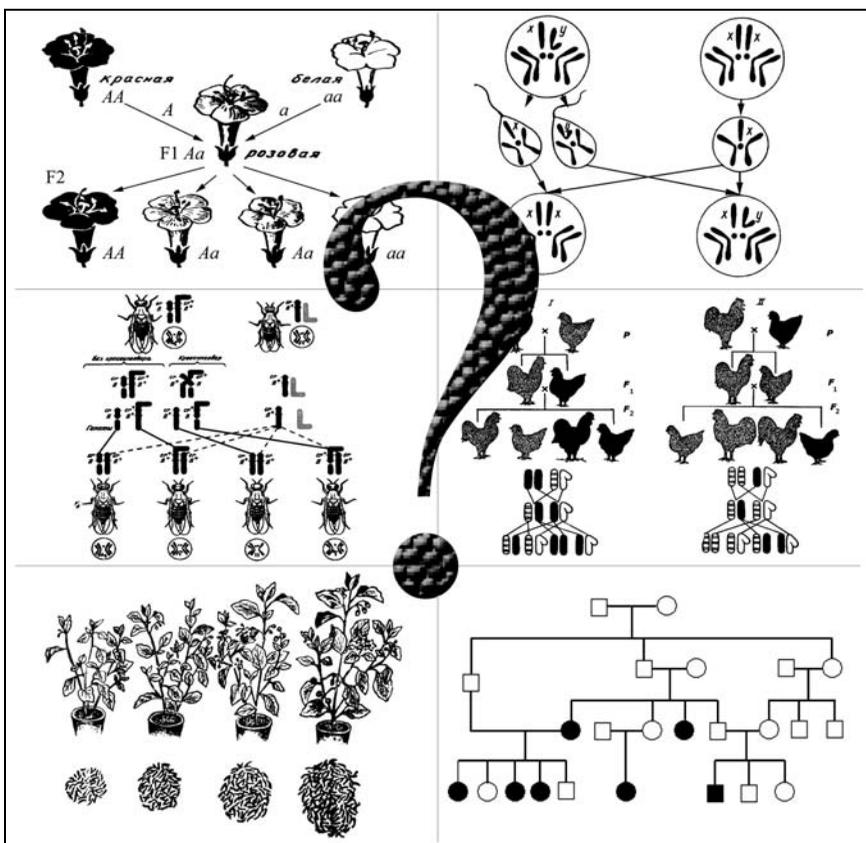


# ГЕНЕТИКА

## СБОРНИК ЗАДАЧ



**Федеральное агенство по образованию  
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ГЕНЕТИКА**  
**СБОРНИК ЗАДАЧ**

Иркутск 2006

УДК 575.1  
ББК

Печатается по решению методического Совета  
Иркутского государственного университета

Рецензенты: д-р. мед. наук *И. Ж. Семинский* ( кафедра биологии Иркутского государственного медицинского университета), канд. биол. наук, доц. *Г. И. Плешанова* ( кафедра биологии Иркутского государственного педагогического университета)

Генетика: Сборник задач / Под редакцией Островской Р.М., Чемериловой В.И. – Иркутск: Изд-во Иркут.ун-та, 2005. – 152 с.

*В сборнике приводятся задачи к различным разделам курса "Генетика с основами селекции", а также к ряду спецкурсов генетического цикла. Они могут быть использованы не только как материал для проверки знаний, но и как демонстрация общности законов генетики для всего органического мира. Каждый раздел сборника сопровождается кратким изложением методического подхода к решению задач. Сборник предназначен в первую очередь для студентов биолого-почвенного факультета университета, но также полезен для преподавателей и студентов других вузов, для учителей школ и круга лиц, интересующихся генетикой.*

Библиогр. 7 назв. Ил. 6.

# ВВЕДЕНИЕ

Генетика – это наука о наследственности и изменчивости живых организмов. Закономерности наследственности и изменчивости едины для всех организмов, а именно, гены контролируют все признаки организмов; гены представляют собой ДНК (в случае некоторых вирусов РНК); наследственная информация в генах закодирована посредством универсального генетического кода; эта информация реализуется в виде аминокислотной последовательности соответствующих белков – продуктов этих генов; гены и их комплексы могут подвергаться изменениям – мутациям; гены и соответствующие им признаки могут передаваться от родителей к потомкам как в тех комбинациях, в которых они были у родителей, так и в новых комбинациях, что является следствием генетической рекомбинации и т.д. Наряду с общими закономерностями у организмов разного типа обнаруживаются и существенные различия в структурно-функциональной организации их генетического аппарата.

Закономерности наследственности и изменчивости изучаются различными методами, но основным из них и весьма специфическим является гибринологический метод или метод скрещиваний. Под гибринологическим методом понимают систему скрещиваний, позволяющую по характеру наследования признаков в ряду поколений сделать вывод о структуре и функционировании генотипа скрещиваемых организмов. Использование этого классического генетического метода позволило предложить линейную модель организации генетического материала, установить тонкую структуру генов прокариотических и эукариотических организмов задолго до того, как была открыта химическая природа генов и появилась возможность их непосредственного изучения. Это подчеркивает большие возможности гибринологического метода в анализе генетических закономерностей у различных организмов.

Успешное освоение гибринологического метода возможно лишь при решении задач, с которыми генетики сталкиваются в своей практической работе. Решение разнообразных задач позволяет проводить генетический анализ "на бумаге", а также освоить

и глубоко понять генетические закономерности в наследовании различных признаков.

Как будет видно из нижеследующего, в основном есть два типа задач: 1) дается описание фенотипов родителей, а также качественно и количественно описывается их потомство в первом, втором и, возможно, последующих поколениях. На основании этих данных необходимо установить характер наследования анализируемых признаков, а также генотипы родительских особей; 2) указан характер наследования признаков и генотипы родительских особей. На этом основании необходимо дать прогноз о вероятном потомстве этой пары родителей, т.е. установить, каковы будут фенотипы потомков в первом и последующих гибридных поколениях, и в каком количественном соотношении они будут появляться. Умение решать оба типа задач свидетельствует о владении теорией генетики и об умении использовать ее на практике.

## 1. МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Наиболее простым примером гибридологического анализа является анализ наследования одного признака в ряду поколений. В скрещивание вовлекаются особи одного вида, различающиеся по одному признаку. Такое скрещивание называют *моногибридным*. Если в первом поколении (F1) от такого скрещивания все гибриды будут единообразны (проявится 1-ый закон Г.Менделя – закон единообразия гибридов первого поколения), то можно сделать вывод, что родительские организмы *гомозиготны* (чистая линия, сорт, порода). Этот вывод базируется на том, что гомозиготные родители формируют по одному типу гамет и при оплодотворении возможно только одно их сочетание.

Если родительские организмы отличались аллелями одного гена, то в потомстве гибридов первого поколения (в F2), вновь получатся особи двух исходных фенотипов: доминантного и рецессивного (проявится 2-ой закон Г.Менделя – закон расщепления) в соотношении 3:1. Это обусловлено тем, что гибриды первого поколения (моноготерозиготы) формируют по два типа гамет в равных соотношениях (0,5A:0,5a) и при оплодотворении возможны четыре равновероятных их сочетания с образованием

зигот трех типов в соотношении 1AA:2Aa:1aa. В случае полного доминирования первые два типа зигот фенотипически не различаются (расщепление 3:1), а при неполном доминировании – различаются (расщепление 1:2:1).

Следует учитывать, что эти соотношения возможны при соблюдении ряда условий:

1. Родители должны различаться только по аллельному состоянию одного гена;
2. Гаметы двух типов у гибридов первого поколения должны формироваться с равной частотой и обладать равной жизнеспособностью;
3. Необходима равновероятная встречаемость всех типов женских и мужских гамет при оплодотворении;
4. Все типы образующихся зигот должны обладать равной жизнеспособностью;
5. Необходимо исследовать достаточное количество потомков, чтобы избежать отклонений в расщеплении, вызванных случайными причинами, и дать возможность реализоваться ожидаемой закономерности.

При несоблюдении этих условий соотношение и количество фенотипических классов может быть изменено. Соответствие фактического расщепления теоретически ожидаемому определяется статистическим методом  $\chi^2$  (хи-квадрат).

Скрещивания могут отличаться от стандартной схемы, но установленные Г. Менделем закономерности позволяют провести анализ генотипа, а также предсказывать ожидаемое расщепление в потомстве.

Наличие расщепления в потомстве всегда дает больше информации, чем его отсутствие. На полноту информации о генотипе исследуемой особи претендует только так называемое *анализирующее скрещивание* – это скрещивание с рецессивной гомозиготой. Отсутствие расщепления в данном скрещивании всегда свидетельствует о гомозиготности исследуемого организма, наличие расщепления – о его гетерозиготности, причем количество фенотипических классов (в отсутствии взаимодействия генов) будет равняться числу типов гамет, формируемых гетерозиготой.

В учебных целях разные аллели одного гена принято обозначать заглавной и строчной буквами латинского алфавита (А и а и т.п.). Кроме того, аллель дикого типа, который в основном является доминантным, обозначают "a+" или просто "+". В частной генетике соответствующих видов растений, животных или микроорганизмов принято обозначать гены сокращенным названием мутаций. Например, мутация гена окраски глаз у дрозофилы называется "*white*", это также полное название данного гена, а сокращенное обозначение его аллелей – *w* и *w*<sup>+</sup>.

### **ЗАДАЧИ**

1. При скрещивании коричневой норки с серой – потомство коричневое. В F<sub>2</sub> получено 47 коричневых и 15 серых. Какой признак доминирует? Сколько будет гомозигот среди 47 коричневых и 15 серых? Как это определить?

2. У томатов кожица плодов может быть гладкой или опушенной. Один сорт имеет гладкие плоды, другой – опушенные. При их скрещивании F<sub>1</sub> имеет гладкие плоды, в F<sub>2</sub> – 174 растения с опушенными и 520 с гладкими плодами. Как наследуется опушенность? Что будет в обоих F<sub>b</sub>?

3. Скрещивались мыши серые с белыми. В F<sub>1</sub> появились серые мыши. В F<sub>2</sub> – 198 серых и 72 белые. Как наследуются признаки? Докажите.

4. Неокрашенные пещерные рыбы из пещеры Пачон (Турция) были скрещены с окрашенными рыбами того же вида из открытых водоемов. Анализ второго поколения от этого скрещивания показал, что 787 рыб были окрашены, 278 – неокрашены. Как наследуется окраска у этих рыб? Каковы генотипы родительских форм? Каков генотип и фенотип рыб из первого поколения?

5. От чего легче избавиться в стаде кур – от рецессивного признака листовидного гребня или доминантного – оперенных ног?

6. У лошадей есть наследственная болезнь гортани. При беге больные лошади издают характерный хрип. От больных роди-

телей часто рождаются здоровые жеребята. Доминантна или рецессивна эта болезнь?

7. Альбинизм у растений летален, однако у многих видов он довольно часто проявляется в потомстве нормальных растений. Если альбиносы гибнут, то почему они не элиминируются полностью из популяции?

8. У кур розовидный гребень определяется геном  $R$ , листовидный –  $r$ . Петух с розовидным гребнем скрещен с двумя курами с розовидным гребнем. Первая дала 14 цыплят, все они с розовидным гребнем; вторая – 9 цыплят, из них 7 с розовидным и 2 с листовидным гребнем. Каковы генотипы всех трех родителей?

9. Джонс инбридировал 6 растений кукурузы и получил от каждого примерно по 25 семян. Некоторые семена дали зеленые растения, некоторые – альбиносные:

1. 5 белых, 19 зеленых;
2. 9 белых, 13 зеленых;
3. 4 белых, 21 зеленых;
4. 4 белых, 15 зеленых;
5. 8 белых, 15 зеленых;
6. 4 белых, 25 зеленых.

Определите характер наследования альбинизма.

10. В стаде черно-пестрого скота появился новый бык. От него получено 26 телят, из них 5 оказались красно-пестрыми. Только бык в этом виноват или и коровы тоже? Как это выяснить? Какова вероятность того, что любая из черных телок, полученных от нового быка, будет носителем нежелательного гена красной окраски?

11. В королевском ветеринарном колледже в Стокгольме, Бьерке и других местах исследовали нервное заболевание у фокстерьеров, которое проявлялось в возрасте 4 - 6 месяцев и хотя не было смертельным, но препятствовало в дальнейшем свободному передвижению больных собак. Из 91 щенка, родившегося в 23 пометах, этот дефект наблюдался у 25. Он получил название мозжечковой атаксии. Аномалия наблюдалась у щенят обоего

пола. Какой вывод можно сделать из этих данных о генетической обусловленности этой аномалии?

12. Кровь большинства людей содержит антиген Rh, который наследуется как доминантный признак (резус-положительные люди). В крови других людей нет антигена Rh (резус-отрицательные люди). Резус-отрицательность наследуется как рецессивный признак. Какие дети могут появиться от брака двух резус-отрицательных родителей? В случае если один из родителей резус-отрицательный, а другой – резус-положительный? От брака двух резус-положительных родителей?

13. У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухоноты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха.

1. Какое потомство можно ожидать от брака гетерозиготных родителей?

2. От брака глухонотой женщины с нормальным мужчиной родился глухонотый ребенок. Определите генотипы родителей.

14. Синдактилия наследуется как доминантный аутосомный признак. Какова вероятность рождения детей со сросшимися пальцами в семье, где один из родителей гетерозиготен по анализируемому признаку, а другой имеет нормальное строение пальцев?

15. Ахондроплазия передается как доминантный аутосомный признак. В семье, где оба супруга страдают ахондроплазией, родился нормальный ребенок. Какова вероятность того, что следующий ребенок будет также нормальным?

16. Бесхвостость у кур может быть обусловлена доминантным геном, но может быть также индуцирована: а) резким изменением температуры инкубации в течение первой недели; б) сильной тряской яиц перед инкубацией и в) инъекцией инсулина в яйца перед инкубацией. Не забывайте, что к моменту откладки яиц эмбрион уже развивался в течение почти 24 часов. Будут ли фенотипы, полученные в результате тех воздействий, о которых шла речь, передаваться потомству так, как передают признак бес-

хвостости особи соответствующего фенотипа, имеющие в своем генотипе ген бесхвостости?

17. У собак жесткая шерсть доминантна, мягкая рецессивна. Два жесткошерстных родителя дают жесткошерстного щенка. С кем его нужно скрестить, чтобы выяснить, имеет ли он в генотипе аллель мягкошерстности?

18. У кроликов шерсть нормальной длины доминантна, короткая – рецессивна. У крольчихи с короткой шерстью родились 7 крольчат – 4 короткошерстных и 3 нормальношерстных. Определите генотип и фенотип отца.

19. Черный каракульский баран скрещен с бурыми овцематками. В F1 получено 28 ягнят черных и 32 бурых. В родословной маток черной масти не было. Ответьте на следующие вопросы: каков генотип барана и маток? Каково теоретически ожидаемое расщепление? Так как бурые смушки ценятся дороже, не приведет ли использование на племя бурых потомков (из 32) к появлению в последующих поколениях черных ягнят?

20. В ряде скрещиваний карпа, имеющего брюшные плавники, с карпами, у которых эти плавники отсутствовали, были получены следующие результаты:

1. 96 с плавниками, 101 без плавников;
2. 118, все с плавниками;
3. 201, все с плавниками;
4. 45 с плавниками, 39 без плавников.

Как наследуется отсутствие плавников у карпа? Напишите генотипы рыб во всех скрещиваниях.

21. У хламидомонад (*Chlamydomonas*) зигота (2n) вскоре после ее образования делится мейотически и основной "формой существования" организма является гаплоидная стадия.

Исследователю удалось получить клон (потомство одной клетки) *Chlamydomonas*, устойчивый к циклогексимиду (антибиотику, подавляющему синтез белка на рибосомах эукариотического типа). Было выяснено, что каждая клетка полученного клона содержит лишь одну копию аллеля, ответственного за устойчивость к циклогексимиду. Этот клон скрещивали с неустойчи-

вым к яду клоном и обнаружили, что зигота выживает на среде, содержащей циклогексимид. Какие расщепления по этому признаку следует ожидать в F1? В F2?

22. Какое соотношение по генотипу и фенотипу следует ожидать в F2 моногибридного скрещивания, если женские гаметы образуются с частотой 0,4A:0,6a, а мужские гаметы – с частотой 0,2A:0,8a?

23. Какое соотношение по генотипу и фенотипу следует ожидать в F2 моногибридного скрещивания, если гаметы A и a образуются с частотой 0,8 и 0,2, соответственно?

24. Какое соотношение по генотипу и фенотипу следует ожидать в F2 моногибридного скрещивания, если женские гаметы образуются с частотой 0,9A:0,1a, а мужские – 0,5A:0,5a?

25. Лисицы генотипа *Pp* имеют платиновую окраску, *pp* – серебристо-черную. Обычно платиновые лисицы при разведении в себе дают расщепление на 2 платиновые и 1 серебристо-черную. Но иногда рождаются чисто белые щенки, которые вскоре погибают. Каков может быть их генотип?

26. Мыши генотипа *уу* – серые, *Уу* – желтые, *УУ* – гибнут на эмбриональной стадии. Каково будет потомство следующих родителей: самка серая х самец желтый; самка желтая х самец желтый? В каком скрещивании можно ожидать более многочисленного помета?

27. Серповидноклеточная анемия у аборигенов Африки обусловлена доминантным геном *S*, который в гомозиготном состоянии вызывает гибель особей от анемии. Люди с генотипом *ss* в местных условиях гибнут от малярии, но не страдают малокровием. Гетерозиготы *Ss* выживают, так как не страдают малокровием и не болеют малярией.

Какова доля жизнеспособного потомства у гетерозиготных родителей; у гетерозиготной матери и здорового отца?

28. При скрещивании пестрых петуха и курицы было получено 38 цыплят, из них 9 белых, 11 черных и 18 пестрых. Как называется пестрая окраска? Какими скрещиваниями можно про-

верить Вашу гипотезу? От каких птиц в потомстве будут получаться только пестрые цыплята?

29. Было проведено несколько скрещиваний растений редиса, различающихся по форме корнеплода, и получены следующие результаты:

Корнеплоды родителей	Корнеплоды потомства:
длинный х овальный	длинных – 159, овальных – 156
круглый х овальный	круглых – 199, овальных – 203
овальный х овальный	круглых – 119, овальных – 243, длинных – 121

Укажите генотипы всех растений. Какое будет потомство от самоопыления растений, имеющих длинный и круглый корнеплод?

30. У крупного рогатого скота  $RR$  – красная масть,  $rr$  – белая,  $Rr$  – чалая. Имеется чалый бык и коровы всех трех окрасок. Какова вероятность появления чалого теленка в каждом из трех возможных скрещиваний?

31. Родители имеют II и III группы крови. Какую группу крови унаследуют их дети?

32. Родители гетерозиготны по II и III группам крови. Какие группы крови по системе АВО возможны у их детей, и с какой вероятностью?

33. Родители гетерозиготны по III группе крови. Какие группы крови, и с какой вероятностью возможны у их детей?

34. Мать со II группой крови имеет ребенка с I группой крови. Установите возможные группы крови его отца.

35. У мальчика I группа крови, а у его сестры IV. Определите группы крови их родителей.

36. У матери I группа крови, у отца III. Могут ли дети унаследовать группу крови своей матери?

37. В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют I и II группы крови, родители другого – II и IV. Определите, кто чей сын.

38. У матери и ребенка II группа крови, у мужа – I, у подопреваемого в отцовстве – IV группа. Можно ли установить истинное отцовство? Поможет ли в этом тот факт, что у матери I группа крови и если да, то каким образом?

39. Ребенок имеет группу крови АВ, на него претендуют две пары родителей. Группа крови отца в одной из них А, а матери – В, а в другой – у матери – АВ, у отца – 0. Претензия какой пары родителей исключается?

40. У кроликов известны следующие типы окраски шерсти: агути, шиншилла (серая), светлый шиншилла (светло-серая), гималайский и альбинос.

1. Для определения наследования этих окрасок были поставлены скрещивания, результаты которых приведены ниже.

$P_1$  шиншилла х альбинос,

F1 все светло-серые,

F2 1 шиншилла : 2 светло-серые : 1 альбинос;

$P_2$  шиншилла х гималайский,

F1 все светло-серые,

F2 1 шиншилла : 2 светло-серые : 1 гималайский;

$P_3$  гималайский х альбинос,

F1 все с гималайской окраской,

F2 3 гималайских: 1 альбинос.

2. При скрещивании кроликов с окраской шиншилла, гималайский и альбинос с кроликами агути в F1 все крольчата имеют окраску агути, а в F2 – 3/4 агути и 1/4 шиншилла, гималайская или альбинос, соответственно. Сколько генов определяет окраску шерсти у кролика? Определите генотипы всех особей в скрещиваниях.

41. Какие скрещивания следует поставить, чтобы установить генотип кролика с диким (агути) типом окраски?

42. Какую долю всех возможных генотипов составляют гомозиготы, когда число различных аллелей данного гена равно трем? Пяти? Семи?

43. Если две сестры – идентичные, т.е. однойцевые близнецы, выйдут замуж за двух братьев – идентичных близнецов и у них будут дети, будут ли эти дети похожи друг на друга как идентичные близнецы?

## 2. ДИ- И ПОЛИГИБРИДНЫЕ СКРЕЩИВАНИЯ

Скрещивания, в которых родители различаются не по одному, а по двум и большему числу признаков называются *полигибридными*. Аллели генов, отвечающих за разные признаки, принято обозначать разными буквами (например, *A* или *a* – окраска семян гороха, *B* или *b* – форма семян).

В данном разделе приведены задачи, в которых наследование признаков подчиняется 3 закону Г. Менделя – закону независимого комбинирования признаков в потомстве. В основе этого закона лежит процесс независимого расхождения негомологичных хромосом в анафазе I мейоза. В связи с этим независимо будут наследоваться только признаки, контролируемые генами, расположенными в разных хромосомах. Остальные условия: равновероятная частота формирования и встречаемости гамет, жизнеспособность гамет и зигот, полное проявление признаков, отсутствие взаимодействия генов в процессе формирования признаков, остаются необходимыми для получения классических соотношений фенотипических классов при расщеплении в потомстве гибридов.

Для полигибридных скрещиваний остаются действенными как закон единообразия гибридов первого поколения, так и закон расщепления. Характер расщепления, как и в моногибридном скрещивании, полностью зависит от генотипов скрещиваемых гибридов и отличается появлением особей с новым (*рекомбинантным*) сочетанием признаков, причем, чем больше признаков участвует в скрещивании, тем большее разнообразие их новых сочетаний наблюдается у потомков.

Анализ расщепления в полигибридных скрещиваниях при независимом наследовании признаков можно проводить двумя способами:

1) *биологическим* – на уровне расхождения хромосом в мейозе и сочетания образовавшихся гамет при оплодотворении (построение решетки Пеннета);

2) *математическим* – перемножением результатов расщепления отдельно по каждой паре признаков.

Так, если скрещиваются *одинаковые* дигетерозиготы с генотипами  $AaBb$  ( $F1AaBb$  x  $F1AaBb$ ), то ожидаемое расщепление можно рассчитать:

**1 способ (биологический):**

а) определить типы гамет, формируемые гетерозиготой:  
 $AB; Ab; aB; ab$

б) определить типы ожидаемых зигот с помощью решетки Пеннета:

♀ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$AABB$	$AABb$	$AaBB$	$AaBb$
Ab	$AABb$	$Aabb$	$AaBb$	$Aabb$
aB	$AaBB$	$AaBb$	$aaBB$	$aaBb$
ab	$AaBb$	$Aabb$	$aaBb$	$aabb$

в) подсчитать расщепление по фенотипу и генотипу:

Фенотип:  $9A-B-:3A-bb:3aaB-:1aabb$ ;

Генотип:

$1AABB:2AABb:1Aabb:2AaBB:4AaBb:2Aabb:1aaBB:2aaBb:1aabb$

**2 способ (математический):**

а) определить ожидаемое расщепление отдельно по каждому признаку:

1.  $Aa$  x  $Aa$

Фенотип:  $3A-:1aa$

Генотип:  $1AA:2Aa:1aa$

2.  $Bb$  x  $Bb$

Фенотип:  $3B-:1bb$

Генотип:  $1BB:2Bb:1bb$

б) определить ожидаемое расщепление одновременно по двум признакам, перемножая результаты расщепления отдельно по каждому признаку:

Фенотип: (3A-:1aa) x (3B-:1bb) = 9A-B-:3A-bb:3aaB-:1aabb  
Генотип: (1AA:2Aa:1aa) x (1BB:2Bb:1bb) = 1AABB:2AABb:  
1Aabb:2AaBB:4AaBb:2Aabb:1aaBB:2aaBb:1aabb

Оба способа определения расщепления приводят к одному и тому же результату.

Если полученное на практике расщепление соответствует теоретически ожидаемому для независимых событий (соответствие определяется методом  $\chi^2$ ), то можно сделать вывод о независимом наследовании признаков и локализации генов, отвечающих за эти признаки, в разных хромосомах.

Принцип анализа полигибридных скрещиваний как нескольких моногибридных необходимо использовать при установлении генотипов родителей по расщеплению в потомстве. Для этого определяют расщепление по каждой паре признаков отдельно, предполагают генотипы гибридных родителей. Затем из предполагаемых генотипов предсказывают ожидаемое расщепление одновременно по всем признакам и сопоставляют его с фактически полученным. Если результаты достоверно не отличаются от теоретически предсказанных, значит выведенные генотипы и характер наследования верны, а отклонения фактических данных от теоретически ожидаемых случайны.

## **ЗАДАЧИ**

44. При скрещивании растений гороха, отличающихся по двум признакам – форме семян (гладкие – морщинистые) и окраске эндосперма (желтая – зеленая), Мендель получил в F1 все семена гладкие и желтые, а в F2 были получены следующие результаты:

- 315 желтых гладких семян,
- 101 желтое морщинистое семя,
- 108 зеленых гладких семян,
- 32 зеленых морщинистых семян.

Объясните полученные результаты. Какие исходные родительские формы могли быть взяты в скрещивание в данном случае? Какая часть растений F2 окажется гомозиготной по обоим признакам?

45. Растение тыквы с белым дисковидным плодом, скрещенное с таким же, дало 28 потомков с белыми дисковидными плодами, 9 – с белыми шаровидными, 10 – с желтыми дисковидными и 3 – с желтыми шаровидными. Определить генотипы родителей. Какое получится потомство при самоопылении каждого фенотипического класса?

46. В результате скрещивания растений томата, одно из которых имело красные двугнездные плоды, а второе красные многогнездные, было получено потомство, среди которого обнаружено 10 растений с красными двугнездными плодами, 3 – с красными многогнездными плодами, 2 – с желтыми двугнездными плодами. Каких еще растений следует ожидать в этом скрещивании? Какова вероятность их появления? (Двугнездность плодов доминирует над многогнездностью).

47. У лошадей вороной цвет зависит от доминантного гена  $B$ , а каштановый – от его рецессивного аллеля  $b$ . Аллюр рысью зависит от доминантного гена  $T$ , а аллюр шагом – от его рецессивного аллеля  $t$ . Каким будет фенотип поколения  $F_1$  при скрещивании гомозиготного вороного иноходца с гомозиготным каштановым рысаком? Какое потомство, и в каких соотношениях будет получено при скрещивании двух особей  $F_1$ ?

48. У собак спаниелей черная окраска шерсти –  $B$ , красная –  $b$ , сплошная –  $S$ , пегая –  $s$ .

1. Красный отец и черно-пегая мать имеют 5 щенков: 1 черный, 1 красный, 1 черно-пегий и 2 краснопегих. Каковы генотипы родителей?

2. У черных родителей 6 щенков, все черные. Каковы возможные генотипы родителей? Можно ли определить их также точно, как в первом случае?

49. При самоопылении двух растений томата с красными двугнездными плодами одно из них дало только растения с красными двугнездными плодами, а от второго было получено 24 растения с красными двугнездными плодами и 10 растений с красными многогнездными плодами. Можно ли определить гено-

типы исходных растений? Какие скрещивания необходимо поставить для проверки вашего предположения?

50. От скрещивания дурмана с пурпурными цветками и гладкими семенными коробочками с дурманом, имеющим белые цветки и колючие семенные коробочки, было получено 320 растений с пурпурными цветками и колючими коробочками и 312 – с пурпурными цветками и гладкими коробочками. Каковы будут фенотипы и генотипы потомков, полученных от скрещивания этих двух типов F1 между собой?

51. Найдите ошибку в следующей фразе: "При скрещивании двух собак с генотипами  $AaBB$  и  $Aabb$  в потомстве должно быть: 4 собаки с генотипом  $AABb$ , 8 собак  $AaBb$  и 4 –  $aaBb$ ".

52. Растения томата сорта "Золотая красавица" имеют желтые плоды и высокий рост, сорт "Карлик" – карликовый с красными плодами.

Могли бы Вы, исходя из этих двух сортов, получить гомозиготный высокорослый сорт с красными плодами? Гомозиготный карликовый сорт с желтыми плодами? Какой из них легче получить? Укажите скрещивания, с помощью которых можно получить желаемые сорта. (У томатов красный цвет плодов доминирует над желтым, высокий рост растений – над низким).

53. При возвратном скрещивании птиц, гетерозиготных по мутантному рецессивному гену белоснежного пуха и по гену гороховидного гребня, с двойными рецессивами по этим генам, было получено потомство, состоящее из 123 особей с кремовым (нормальным) пухом и гороховидным гребнем, 94 – с кремовым пухом и простым гребнем, 106 – с белоснежным пухом и гороховидным гребнем и 117 – с белоснежным пухом и простым гребнем. Проверьте, соответствует ли указанное расщепление ожидаемому, если эти признаки наследуются независимо?

54. Крупный рогатый скот типа Африкандер обычно имеет красную масть и рога, но в Юго-Западной Африке популярна желтая масть. На одной опытной ферме был получен желтый комольный бык. В данном случае комолость была, видимо, результатом мутации. От скрещивания этого быка с красными рогатыми

коровами было получено: желтых комолых телят – 7, желтых рогатых – 6, красных комолых телят – 7, красных рогатых – 7. Что можно сказать на основе этих данных о наследовании у этой породы желтой и красной масти и комолости?

55. Какие гаметы образуются растениями тыквы с нижеприведенными генотипами, и каковы будут форма и окраска плодов в потомстве от каждого скрещивания:

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. $WWdd$ x $WwDD$ | 4. $WwDd$ x $WwDd$ |
| 2. $WWDd$ x $WwDd$ | 5. $WwDD$ x $wwdd$ |
| 3. $WwDd$ x $Wwdd$ | 6. $WwDd$ x $wwdd$ |

56. Два растения арбуза с длинными зелеными плодами (№1 и №2) скрещены с растениями, имеющими круглые полосатые плоды (№3 и №4). Эти скрещивания дали следующие результаты:

1. P<sub>1</sub> №1 x №3,  
F<sub>1</sub>: все растения с круглыми зелеными плодами.
2. P<sub>2</sub> №2 x №4,  
F<sub>1</sub>: 20 с круглыми зелеными,  
19 с круглыми полосатыми,  
22 с длинными зелеными,  
25 с длинными полосатыми плодами.

Определите на основании этих скрещиваний, как наследуются форма и окраска плода у арбуза. Определите генотипы исходных растений. Что получится, если растение №1 скрестить с растением №4, а растение №2 – с растением №3?

57. Растение тыквы с белыми дисковидными плодами, скрещенное с растением, имеющим белые шаровидные плоды, дало 3/8 с белыми дисковидными, 3/8 с белыми шаровидными, 1/8 с желтыми дисковидными и 1/8 с желтыми шаровидными плодами. Определите генотипы родителей и потомков.

58. У томатов пурпурная окраска стебля обусловлена одним доминантным геном, а рецессивный аллель этого гена вызывает зеленую окраску стебля. Рассеченные листья контролируются у томатов доминантным геном, а рецессивный аллель этого гена обуславливает цельнокрайние листья (так называемая "кар-

тофелелистность"). Ниже приведены результаты 5 скрещиваний растений томатов, различающихся по указанным признакам. Каковы наиболее вероятные генотипы родительских растений в каждом из этих скрещиваний?

Признаки родителей	Число потомков			
	пурпурный стебель, рассеченный лист	пурпурный стебель, цельнокрайний лист	зеленый стебель, рассеченный лист	зеленый стебель, цельнокрайний лист
Пурпурный стебель, рассеченный лист х зеленый стебель, рассеченный лист	321	101	310	107
Пурпурный стебель, рассеченный лист х пурпурный стебель, цельнокрайний лист	219	207	64	71
Пурпурный стебель, рассеченный лист х зеленый стебель, рассеченный лист	722	231	0	0
Пурпурный стебель, рассеченный лист х зеленый стебель цельнокрайний лист	404	0	387	0
Пурпурный стебель цельнокрайний лист х зеленый стебель, рассеченный лист	70	91	86	77

59. У *Drosophila melanogaster* существует рецессивный аллель, приводящий к развитию коротких рудиментарных крыльев – *vg*; соответствующий доминантный аллель (*vg*<sup>+</sup>) обуславливает формирование нормальных крыльев. В другом генном локусе существует рецессивный аллель *st*, вызывающий алый цвет глаз;

соответствующий доминантный аллель (*st+*) отвечает нормальному красному цвету. Полученное в трех различных опытах потомство описано ниже. Определите генотипы родителей, используя для проверки гипотез метод хи-квадрат.

Фенотип родителей	Фенотип потомства			
	Длинные крылья, красные глаза	Длинные крылья, алые глаза	Короткие крылья, красные глаза	Короткие крылья, алые глаза
Длинные крылья, красные глаза х короткие крылья, алые глаза	178	164	142	140
Длинные крылья, красные глаза х длинные крылья, красные глаза	364	0	107	0
Длинные крылья, красные глаза х длинные крылья, красные глаза	309	107	95	29

60. У кур ген *C* определяет коротконогость и одновременно оказывает рецессивное летальное действие. Генотип *FF* имеет курчавое оперение, *Ff* – волнистое, *ff* – нормальное. Определите, какие цыплята будут в следующих скрещиваниях:

1. *CcFf* х *CcFf*
2. *CcFf* х *ccff*
3. *Ccff* х *ccFf*
4. *Ccff* х *ccFf*
5. *CcFf* х *ccFf*
6. *CcFf* х *ccff*

61. Голубоглазый правша женится на кареглазой правше. У них родилось двое детей – кареглазый левша и голубоглазый правша. От второго брака этого мужчины с другой кареглазой правой родилось 9 кареглазых детей, все – правши. Каковы генотипы всех трех родителей? Какие признаки доминантны, какие

рецессивны? Определите вероятность гетерозиготности второй женщины.

62. Голубоглазый правша, отец которого был левшой, женится на кареглазой левше из семейства, все члены которого в течение нескольких поколений имели карие глаза. Какого потомства и с какой вероятностью в отношении этих двух признаков следует ожидать от этого брака?

63. У кунжута одинарный плод – признак, доминантный по отношению к тройному, а нормальный (гладкий) лист – признак, доминантный по отношению к морщинистому листу. Оба признака наследуются независимо. Каковы генотипы родителей в каждом из пяти перечисленных ниже опытов?

Фенотип родителей	Фенотип потомства			
	Одинарный, нормальный	Одинарный, морщинистый	Тройной, нормальный	Тройной морщинистый
Одинарный, нормальный х тройной нормальный	362	118	0	0
Одинарный, нормальный х тройной, морщинистый	211	0	205	0
Одинарный, морщинистый х тройной, нормальный	78	90	84	88
Одинарный, нормальный х тройной, нормальный	318	98	323	104
Одинарный, нормальный х одинарный, морщинистый	110	113	33	38

64. Кареглазый правша женится на голубоглазой правше. Первый ребенок имеет голубые глаза и оказывается левшой. Каковы генотипы родителей, и какими могут быть фенотипически дальнейшие потомки этой пары?

65. У львиного зева красная окраска цветков неполно доминирует над белой, широкие листья неполно доминируют над узкими. Какие соотношения (генотипов и фенотипов) должны получиться в потомстве при следующих скрещиваниях растений львиного зева:

1. С красными цветками и средними листьями  $\times$  с розовыми цветками и средними листьями?

2. С розовыми цветками и средними листьями  $\times$  с белыми цветками и узкими листьями?

3. С белыми цветками и средними листьями  $\times$  с красными цветками и широкими листьями?

4. При скрещивании идентичных дигибридов?

66. При скрещивании растений львиного зева с красными пилорическими (правильными) цветками с растениями, имеющими желтые зигоморфные (неправильные) цветки, в первом поколении все растения имели розовые зигоморфные цветки, а во втором было получено:

с красными зигоморфными цветками – 39,

с розовыми зигоморфными цветками – 93,

с красными пилорическими цветками – 15,

с розовыми пилорическими цветками – 28,

с желтыми зигоморфными цветками – 45,

с желтыми пилорическими цветками – 13.

Объясните полученное расщепление, проверьте свое предположение методом  $\chi^2$ .

67. У фермера было два сына. Первый родился, когда фермер был еще молод, и вырос красивым сильным юношей, которым отец очень гордился. Второй, родившийся много позже, рос болезненным ребенком, и соседи убеждали фермера подать в суд для установления отцовства. Основанием для иска должно было послужить то, что, будучи отцом такого складного юноши, каким

был его первый сын, фермер не мог быть отцом такого слабого создания, как второй. Группы крови были таковы:

фермер – 0, M;

мать – AB, N;

1 сын – A, N;

2 сын – B, MN.

Можно ли на основании этих данных считать, что оба юноши являются сыновьями этого фермера?

68. Женщина с группой крови B, неспособная различать вкус фенилтиокарбамида (ФТК), имеет троих детей:

один с группой крови A различает вкус ФТК,

один с группой крови B различает вкус ФТК,

один с группой крови AB не способен различать вкус ФТК.

Что вы можете сказать о генотипах матери и отца этих детей? (Неспособность различать вкус ФТК – рецессивный признак tt).

69. Родители имеют II и III группы крови. У них родился ребенок с I группой крови и большой серповидноклеточной анемией (наследование аутосомное с неполным доминированием, несцепленное с группами крови). Определите вероятность рождения больных детей с IV группой крови.

70. В одной семье у кареглазых родителей имеется 4 детей. Двое голубоглазых имеют I и IV группы крови, двое кареглазых – II и III. Определите вероятность рождения следующего ребенка кареглазым с I группой крови. Карий цвет глаз доминирует над голубым и обусловлен аутосомным геном.

71. Можно ли исключить отцовство, если мать имеет группы крови 0 и MN, предполагаемый отец - AB и N, дети:

1. 0, M;

2. A, M;

3. 0, MN.

Аргументируйте свой ответ.

72. Для всех нижеуказанных случаев определите: фенотипы мужчин, которые в каждом из этих случаев могли бы быть

отцами ребенка; фенотипы мужчин, которые не могли бы быть отцами в каждом случае. Аргументируйте свой ответ.

Мужчины	1	2	3	4	5	6
Мать	0, M	0, N	0, MN	AB, M	A, N	B, M
Ребенок	0, M	A, M	0, M	AB, M	AB, M	0, MN

73. У морской свинки курчавая шерсть определяется геном  $R$ , гладкая –  $r$ , короткая –  $L$ , длинная –  $l$ ; черная окраска шерсти –  $B$ , белая –  $b$ . Какое будет F1 и F2 при скрещивании свинок, различающихся по аллелям всех трех генов? Что получится при скрещивании гибрида F1 с гладко- и длинношерстной белой свинкой?

74. Самец морской свинки, имеющий длинную черную курчавую шерсть, скрещен с самкой, шерсть которой курчавая короткая и белая. В нескольких пометах этой пары получено 15 курчавых короткошерстных и черных свинок, 13 курчавых длинношерстных черных, 4 гладких короткошерстных черных и 5 гладких длинношерстных черных. Каковы генотипы родителей? Какое ожидается отношение различных классов? Докажите статистически, соответствует ли расщепление ожидаемому отношению при независимом наследовании признаков.

75. У кур белое оперение доминирует над окрашенным, оперенность голени – над голоногостью, гороховидный гребень – над листовидным. Скрещена гомозиготная белая с оперенными ногами и гороховидным гребнем курица с окрашенным голоногим с листовидным гребнем петухом. Какая часть белых оперенных с гороховидным гребнем потомков F2 от этого скрещивания не даст расщепления при скрещивании с окрашенными голоногими с простым гребнем птицами?

76. Известно, что растение имеет генотип  $AABbcc$ .

1. Сколько различных типов гамет образует это растение?
2. Сколько разных фенотипов может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить полное доминирование по всем парам аллелей?
3. Сколько разных генотипов будет в потомстве этого растения при самоопылении?

4. Сколько разных фенотипов может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить неполное доминирование по всем парам аллелей?

77. Высокое красно- и круглоплодное растение томата, скрещенное с карликовым желто- и круглоплодным, дало в потомстве следующее расщепление:

Рост растения	Окраска плода	Форма плода	Количество
высокое	желтая	круглая	58
высокое	красная	круглая	61
карликовое	желтая	круглая	62
карликовое	красная	круглая	59
высокое	желтая	длинная	19
высокое	красная	длинная	20
карликовое	желтая	длинная	21
карликовое	красная	длинная	20

Определить генотипы исходных растений томата и характер наследования признаков.

78. Известно, что растение имеет генотип  $AaBbCc$ .

1. Сколько различных типов гамет образует это растение?
2. Сколько разных фенотипов может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить полное доминирование по всем парам аллелей?
3. Сколько разных генотипов будет в потомстве этого растения при его самоопылении?
4. Сколько разных фенотипов может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить неполное доминирование по всем парам аллелей?

79. Скрещивается растение томата, гомозиготное по признакам красной окраски плодов, высокого стебля и гладкой кожуры (доминантные признаки) с карликовым растением, дающим желтые опушенные плоды.

1. Укажите генотипы родительских растений.
2. Укажите генотип и фенотип потомства  $F_1$ .
3. Какая часть потомства  $F_2$  будет иметь желтые опушенные плоды и карликовый рост?

4. Какая часть потомства F2 будет иметь красные гладкие плоды и высокий стебель?

5. Какая часть потомства F2 будет иметь красные гладкие плоды и карликовый рост?

6. Какая часть потомства F2 будет гетерозиготна по всем трем парам аллелей?

7. Какая часть потомства F2 будет гомозиготна по всем трем парам аллелей?

80. Допустим, что у человека лысость  $S$  доминирует над отсутствием лысины  $s$  у мужчин, а у женщин она рецессивна. Кареглазый, не имеющий лысины, правша женится на кареглазой левше, также не имеющей лысины. У них родилось трое детей: лысый кареглазый сын – правша, не лысая голубоглазая дочь – правша и не лысый кареглазый сын – левша. Каковы генотипы родителей и детей?

81. Родители имеют группы крови:

№	Мать	Отец
1.	A, MN, Rh+	0, M, Rh+
2.	B, N, Rh	B, MN, Rh+
3.	A, M, Rh+	B, MN, Rh-

Дети имеют группы крови:

1. AB, M, Rh-

2. 0, N, Rh-

3. A, MN, Rh+

Кто чей ребенок?

82. На ферме крупного рогатого скота имеются животные: красные рогатые белоголовые и белые комолые. Гибриды между ними чалые комолые белоголовые. Если селекционер задался целью вывести породу, характеризующуюся красной мастью, комолостью и белоголовостью, то какая часть поколения F2 будет обладать: а) желаемым фенотипом, б) желаемым генотипом? Какая доля животных F2, характеризующихся красной мастью, комолостью и белоголовостью, должна быть гомозиготной по комолости? По красной окраске? По белоголовости? По всем трем при-

знакам? Каков наиболее рациональный путь создания гомозиготного скота желательного типа?

83. В родильном доме женщина утверждала, что ребенок, которого ей принесли (1), не ее сын. Кроме этого младенца в тот момент в родильном доме находился только еще один ребенок (2). Группы крови этой женщины 0 и MN, вкуса фенилтиокарбамида (ФТК) она не чувствует (рецессив *tt*). Первый ребенок имеет группы крови A и N, чувствителен к ФТК; второй ребенок имеет группы крови 0 и M, вкуса ФТК не чувствует. Муж женщины умер, но у нее есть еще трое детей:

первый – с группами крови A и M, чувствителен к ФТК;

второй – с группами крови B и N, чувствителен к ФТК;

третий – с группами крови A и MN, не чувствителен к ФТК.

Можете ли вы сказать, какой из двух новорожденных сын этой женщины?

84. Скрещиваемые растения гомозиготны, но отличаются друг от друга по пяти независимо наследующимся признакам. Из них 3 признака материнского растения доминантны и 2 рецессивны. Полученные гибриды размножаются путем самоопыления. Какая доля окажется фенотипически подобной "бабушке"? А какая – "дедушке"?

85. Известно, что растение имеет следующий генотип: *AaBbccDdEeFfGg*.

1. Сколько различных типов гамет образует это растение?

2. Сколько разных фенотипов может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить полное доминирование по всем парам аллелей?

3. Сколько разных генотипов будет в потомстве этого растения при самоопылении?

4. Сколько разных фенотипов может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить неполное доминирование по всем парам аллелей?

86. Скрещиваются особи *AaBbCcDd* x *AabbCCDd*. Какую часть в потомстве составят особи с генотипом:

*AAbbCCdd*, *aabbccdd*, *AaBBCcDD*?

### 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Неаллельные гены, расположенные в разных хромосомах, могут контролировать развитие одного признака. В этом случае они вступают во взаимодействие на уровне своих продуктов. При взаимодействии неаллельных генов общие закономерности ди- и полигибридных скрещиваний в отношении генотипических классов потомства F<sub>2</sub> не меняются, а могут изменяться только количество и соотношение фенотипических классов в F<sub>2</sub>. Для дигибридного скрещивания формула фенотипического расщепления 9А-В-:3А-bb:3aaВ-:1aabb может остаться неизменной (при комплементарном взаимодействии) или измениться до:

- а) 9:7; 9:3:4; 9:6:1 – при *комплементарном* взаимодействии;
- б) 12:3:1; 13:3 – при *доминантном эпистазе* и 9:3:4 – при *рецессивном эпистазе*;
- в) 15:1 – при *некумулятивной полимерии* и 1:4:6:4:1 – при *кумулятивной полимерии*.

Обнаружить взаимодействие генов можно по появлению в потомстве F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> особей с новым проявлением данного признака и по отклонению в количественном соотношении фенотипических классов, ожидаемых на основе *моногенного* контроля.

Если при анализе наследования какого-либо признака обнаруживается четкое отклонение фактического расщепления от ожидаемого при моногенном контроле, то предполагают, что за признак отвечает не один ген, и проверяют гипотезу *полигенного* наследования.

Проверку гипотезы начинают с простейшего предположения – за признак отвечают два гена. В случае дигенного наследования наблюдаемое фенотипическое расщепление должно соответствовать классической формуле или какой-либо из указанных выше ее модификаций. Для того чтобы установить формулу расщепления, делают следующее: определяют количество особей исследуемой выборки, приходящееся на одну часть из 16 возможных комбинаций гамет родителей. Далее вычисляют соотношение фенотипических классов путем деления числа особей каждого фенотипического класса на число особей, приходящихся на одну часть. Если установленное расщепление соответствует ка-

кой-либо из известных модификаций классической формулы фенотипического расщепления по двум генам, принимают гипотезу дигенного наследования.

Если соответствия не обнаруживается, проверяют гипотезу трех генов и т.д. Приняв ту или иную гипотезу о характере наследования признака, интерпретируют полученную формулу расщепления в отношении типа взаимодействия генов и определяют, какое сочетание генов приводит к той или иной форме проявления признака.

Несколько иной подход используют при анализе наследования количественных признаков, определяемых генами, вступающими во взаимодействие по типу *кумулятивной полимерии*. Степень выраженности признака в данном случае зависит от количества доминантных аллелей однозначно действующих генов, присутствующих в генотипе особей. Поэтому первоначально необходимо установить, на сколько увеличивается выраженность признака в присутствии одной доминантной аллели. Для этого находят разницу в степени выраженности признака у полностью рецессивной особи и особи, имеющей доминантные аллели в гомозиготном состоянии, и делят разницу на число доминантных аллелей. Далее находят фенотипическое расщепление, исходя из генотипов родителей и числа доминантных аллелей в генотипе потомков. Следует иметь в виду, что особи с максимальным выражением количественного признака и особи с минимальным его проявлением всегда составляют одну часть от всех возможных комбинаций гамет скрещиваемых организмов. Этот факт можно использовать для определения числа генов, контролирующих количественные признаки.

## **ЗАДАЧИ**

87. Можно предположить, что среди ферментов, играющих существенную роль при образовании хлорофилла у ячменя, имеются два со следующими свойствами: в отсутствие одного из них растение оказывается белым, в отсутствие другого – желтым, в отсутствие обоих – белым (количество фермента значения не имеет). Образование каждого из ферментов определяется своим геном (другой аллель которого детерминирует синтез неактивно-

го фермента); эти гены находятся в различных хромосомах. Какое расщепление по цвету следует ожидать среди потомства самоопыленного ячменя, гетерозиготного по обоим генам?

88. Известно, что во всех описанных ниже скрещиваниях окраска кроликов определяется одним и тем же генетическим механизмом, различаются только генотипы родителей:

- а) родители белые, потомки все черные;
- б) родители белые, в потомстве  $3/4$  черных и  $1/4$  белых;
- в) родители белые, все потомство белое;
- г) родители белые, в потомстве поровну белых и черных.

Откуда следует, что окраска в этих скрещиваниях не может определяться двумя аллелями одного гена? Предложите генетический механизм определения окраски у данной породы кроликов. Опишите генотипы родителей и потомков для всех четырех скрещиваний. Там, где это возможно, укажите все варианты генотипов родительских пар. Какие дополнительные скрещивания Вы бы предложили для тех случаев, где возможно несколько гипотез, чтобы определить генотипы родителей (при их проведении допустимо пользоваться только родителями или детьми именно этого скрещивания)?

89. В брак вступили два альбиноса, не состоящие в родстве. У них 8 детей – 5 альбиносов и 3 не альбиноса. Как объяснить?

90. У человека иногда у родителей правшей рождается ребенок левша и, наоборот, от двух левшей – правша. Можно ли это объяснить моногенным наследованием? Если нет, то как? При каких генотипах родителей левшей все их дети будут правшами, а при каких – часть детей будет правшами, а часть левшами?

91. Предположим, что к Вам в генетическую консультацию пришла супружеская пара глухих, чтобы узнать, может ли у них родиться глухой ребенок. Какие вопросы вы будете им задавать, чтобы сделать Ваше заключение?

92. Самка дрозофилы с коричневыми глазами скрещивалась с самцами, имеющими ярко-красные глаза. В F1 все мухи имели красные глаза. В F2 получено 128 мух с ярко-красными

глазами, 40 мух с белыми глазами, 383 красноглазых мух и 121 муха с коричневыми глазами. Как наследуется окраска глаз у дрозофилы? Каковы генотипы исходных мух?

93. В 1916 году в Марбурге выведена новая порода кроликов со светло-голубой окраской, названная "белкой". Порода была получена путем скрещиваний: голубого кролика с шоколадно-коричневым, и гибридов F1 от этого скрещивания, имеющих черную окраску, между собой. В F2 получили 47 черных, 12 голубых, 16 шоколадно-коричневых и 6 светло-голубых – "белка". Какое расщепление должно быть в анализирующем скрещивании среди 65 потомков? Каких особей необходимо взять в качестве анализаторов?

94. При скрещивании кроликов голубых с коричневыми в F1 все крольчата черные, а в F2 получено: 38 черных, 15 голубых, 17 коричневых и 3 светло-голубых кролика. Как наследуется окраска шерсти у кроликов? Каковы генотипы родителей?

95. Кроликов с желтым мехом скрещивали с шоколадно-коричневыми. В F1 все животные имели черный мех, а в F2 60 имели черный, 18 шоколадно-коричневый, 16 желтый и 6 оранжевый мех. Как увеличить выход оранжевых кроликов?

96. Норка платинового окраса скрещивалась с алеутской (темно-голубой пух и черная ость). В F1 все потомство имело коричневую окраску меха. В F2 получено 28 коричневых, 10 платиновых, 8 алеутских и 2 с новой окраской (цвета папиросного дыма – сапфировые). Аллельны ли гены, обуславливающие платиновую и алеутскую окраску меха норки? Чем обусловлено появление коричневой и сапфировой окраски? Какие скрещивания надо поставить, чтобы увеличить выход сапфировых норок?

97. Голубые алеутские норки отличаются от коричневых дикого типа норок гомозиготностью по рецессивному аллелю гена *al*. Имперские платиновые норки имеют голубой оттенок, но гомозиготны по другому рецессивному гену – *ip*. Двойные рецесивы имеют светло-голубую (сапфировую) окраску. При скрещивании коричневых норок получили 53 коричневых, 17 имперских платиновых, 24 алеутских, 8 сапфировых. Каковы генотипы ко-

ричевых норок? Какая часть коричневых норок из полученного потомства гомозиготна по обоим генам?

98. Светло-бежевая норка скрещивалась с коричневой, в F<sub>1</sub> все животные имели коричневый мех. В F<sub>2</sub> получили 114 коричневых, 11 светло-бежевых, 35 черных и 38 платиновых животных. Какое потомство будет получено, если скрестить черных со светло-бежевыми из F<sub>2</sub>; черных с платиновыми?

99. При скрещивании курицы и петуха с ореховидными гребнями в потомстве получено 279 птиц с ореховидным гребнем, 116 – с гороховидным, 105 – с розовидным и 35 с простым гребнем. Какая часть птиц с розовидным гребнем в F<sub>2</sub> гомозиготна?

100. Скрещивали растения люцерны с пурпурными и желтыми цветками, в потомстве все растения имели зеленые цветки. В F<sub>2</sub> получено расщепление: 169 зеленые, 64 пурпурные, 67 желтые, 13 белые. Что получится, если F<sub>1</sub> скрестить с растениями, имеющими белые цветки?

101. При скрещивании сортов перца, имеющих желтые и коричневые плоды, в F<sub>1</sub> плоды оказались красные. Какие два объяснения можно дать этому факту? Когда были получены гибриды F<sub>2</sub>, то среди 322 растений 182 имели красные, 59 коричневые, 20 зеленые и 61 желтые плоды. Какое из Ваших предположений подтвердилось, а какое отпало? Что получится в F<sub>1</sub> и в F<sub>2</sub> от скрещивания растений с красными и зелеными плодами?

102. Собака желтой масти скрещивалась с черной. В потомстве получено 46 черных щенков, 13 рыжих, 17 коричневых и 6 желтых. Как наследуется окраска? Каковы генотипы исходных животных?

103. Темных карпов скрестили с белыми и в F<sub>1</sub> получили также темных, а в F<sub>2</sub> – 265 темных, 82 стальных, 87 оранжевых и 24 белых рыб (всего 458). Каковы генотипы исходных рыб? Какая окраска ожидается у потомков от скрещивания гомозиготных стальных и оранжевых рыб?

104. Кирпично-красных меченосцев скрестили с лимонными и получили в F<sub>1</sub> только кирпично-красных, а в F<sub>2</sub> 141 кир-

пично-красных, 40 алых, 53 зеленых и 12 лимонных. Каковы генотипы исходных рыб?

105. Зеленых меченосцев скрещивали с алыми, в F1 все рыбки имели кирпично-красную окраску, в F2 произошло расщепление: 50 кирпично-красных рыбок, 5 лимонных, 18 алых и 11 зеленых. Что получится, если скрестить алых с лимонными?

106. Голубых гуппи скрещивали со светлыми, в F1 все рыбки получились серые. В F2 произошло расщепление: 55 серых, 17 голубых, 19 светлых и 6 белых. При скрещивании серых из F1 с белыми из F2 получили 17 серых, 20 голубых, 15 светлых и 19 белых. Что будет, если гомозиготных серых скрестить с гомозиготными белыми рыбками?

107. Два белоцветковых, но разных по происхождению, растения душистого горошка при скрещивании дали в F1 пурпурноцветковые гибриды. В F2 на 9 растений с пурпурными цветками приходится 7 растений с белыми. Как получить генотип, который будет служить анализатором для любого другого генотипа, встречающегося в этом скрещивании?

108. При скрещивании зеленых растений кукурузы между собой получено  $\frac{9}{16}$  зеленых и  $\frac{7}{16}$  неокрашенных. Как объяснить результат? Каковы генотипы исходных растений?

109. Скрещивали два карликовых растения кукурузы, а в потомстве получили все растения нормальной высоты. В F2 получили 452 растения нормальной высоты и 352 карликовых. Как наследуется рост растений кукурузы? Определить генотипы исходных форм и F1.

110. Растение гороха, имеющее темно-фиолетовую окраску бобов, скрещивали с растением с зелеными бобами. В F1 все растения имели темно-фиолетовые бобы, в F2 58 растений имели темно-фиолетовые бобы и 37 зеленые. Как наследуется признак окраски бобов у гороха? Каковы генотипы исходных растений? Что ожидается в анализирующем скрещивании гибридов, и какое растение следует использовать в качестве анализатора?

111. При скрещивании двух зеленых растений кукурузы между собой получено 78 зеленых растений и 24 белых. При самоопылении первого зеленого растения получено 318 зеленых и 102 белых. При самоопылении второго зеленого растения получено 274 зеленых и 208 белых. Каковы генотипы исходных зеленых растений? Объясните результаты скрещивания.

112. От скрещивания растений ржи с антоцианом и без антоциана в F1 все растения с антоцианом, а в F2 получено 132 с антоцианом и 104 без антоциана. Как наследуется признак наличия антоциана? Определите генотипы скрещиваемых растений.

113. Серо-голубая платиновая норка скрещивалась с имперской платиновой норкой. В F1 все потомство имело коричневый мех, а в F2 получилось 35 норок коричневых и 23 платиновых. Аллельны ли гены, определяющие платиновую окраску?

114. Зеленозерный сорт ржи при скрещивании с белозерным сортом дает в F1 зеленые семена, а в F2 – расщепление по окраске: 89 семян зеленых, 28 желтых и 39 белых. Как наследуется окраска семени? Что получится, если скрестить гибриды F1 с гомозиготными желтозерными и белозерными растениями?

115. Растение лука с желтыми луковичами скрещено с растением, имеющим белые луковичи. В F1 все растения имели желтые луковичи, а в F2 получено 54 растения с желтыми луковичами и 15 с белыми.

То же растение с желтыми луковичами скрещено с другим растением, так же имеющим белые луковичи. В F1 от этого скрещивания получены растения с красными луковичами, а в F2 – 71 растение с желтыми луковичами, 89 с белыми и 195 с красными. Определите генотипы всех трех растений.

116. Скрещивали два неродственных растения лука, имеющих красные луковичи. В F1 получили 22 растения с красными луковичами и 8 с желтыми. При самоопылении первого растения лука получено 130 растений с красными луковичами, 42 с желтыми и 61 с белыми луковичами. При самоопылении второго растения лука получено 129 растений с красными луковичами

и 40 с желтыми. Каков характер наследования окраски у лука? Определите генотипы исходных растений лука.

117. При скрещивании двух растений гороха с розовыми и белыми цветками в F1 все растения имели пурпурную окраску, а в F2 получено 87 растений с пурпурными, 36 с белыми и 29 с розовыми цветками. Как наследуется окраска цветков у гороха? Каковы генотипы исходных растений? Что получится, если гибриды F1 скрестить с родительскими формами?

118. Скрещивали два растения фасоли: одно давало белые семена, другое – коричневые. В F1 получены растения с пурпурными семенами, а в F2 – 560 растений с пурпурными семенами, 188 с коричневыми и 256 с белыми. Как объяснить полученный результат? Определите генотипы исходных форм. Что получится, если гибриды F1 скрестить с родителем, имеющим белые семена? Коричневые семена?

119. В F1 от самоопыления растений фасоли с пурпурными семенами получено 331 растение с пурпурными семенами, 140 растений с белыми семенами и 114 растений с коричневыми (всего 585). Объясните результат скрещивания, определите генотипы растений. Как проверить правильность Вашего предположения?

120. Белозерный сорт ржи скрещивали с желтозерным. В F1 все растения имели зеленые зерна, в F2 886 растений имели зеленые зерна, 302 – желтые и 391 – белые. Как наследуется окраска зерна у ржи? Каковы генотипы исходных растений?

121. Белая курица породы плимутрок скрещивалась со светлым петухом породы брама. В F1 все потомство имело черное оперение. При скрещивании гибридов F1 между собой получено 50 черных, 13 светлых и 23 белых птицы (всего 86). При скрещивании гибридов F1 с плимутроками получено 29 черных и 22 белых птицы (всего 51). При скрещивании гибридов F1 с брама получено 12 черных и 8 светлых (всего 20). Как наследуется окраска? Определите генотипы пород.

122. Белых кроликов скрестили с голубыми. В F1 получено 28 животных все с черным мехом. В F2 получено 67 с черным

мехом, 27 с голубым и 34 с белым мехом. Как наследуется окраска шерсти у кроликов? Каковы генотипы исходных животных?

123. Скрестили кроликов, имеющих шерсть нормальной длины, с длиношерстными ангорскими кроликами. В F<sub>1</sub> у всех гибридов была шерсть нормальной длины. В F<sub>2</sub> среди 115 животных: 63 имели шерсть нормальной длины, 30 длинную шерсть и 22 короткую. При скрещивании гибридов F<sub>1</sub> с длиношерстными ангорскими получено 50 длиношерстных, 23 короткошерстных и 25 с шерстью нормальной длины. Как наследуется длина шерсти у кроликов? Каковы генотипы исходных животных?

124. Меченосцы с двумя черными пятнами на хвосте скрещивались с неокрашенными формами. В F<sub>1</sub> у потомков на хвосте была черная полоса, а в F<sub>2</sub> 54 рыбки имели черную полосу, 16 были с двумя пятнами на хвосте, и 28 было неокрашенных. Как наследуется признак? Каковы генотипы исходных рыб?

125. Голубых гуппи скрещивали с альбиносами (белая окраска, красные глаза). В F<sub>1</sub> получено 69 голубых рыбок, в F<sub>2</sub> – 68 голубых, 20 белых с темными глазами и 34 альбиноса. Как наследуется окраска у гуппи? Какая часть рыб F<sub>2</sub> гомозиготна по окраске?

126. При скрещивании черной курицы с белым петухом все цыплята черные. В анализирующем скрещивании получено 28 белых и 10 черных цыплят. Как наследуется окраска оперения? Каковы генотипы всех форм?

127. У душистого горошка гены *P* и *C* совместно отвечают за развитие пурпурной окраски цветков. Если один из этих генов рецессивен, развивается белая окраска. При скрещивании растений с белыми цветками в потомстве получено 1/4 растений с пурпурными цветками и 3/4 – с белыми. Что получится, если скрестить растения с пурпурными цветками между собой?

128. При скрещивании растения 1 с растением 2 кукурузы получено 255 зеленых растений и 89 белых. При самоопылении растения 1 получено 153 зеленых и 118 белых растений. Какова окраска 1 и 2 растений и их генотипы? Какое потомство дало бы растение 2 при самоопылении?

129. Серые гуппи с нормальным спинным плавником скрестили с белыми, имеющими длинный спинной плавник "шарф". В потомстве получили только серых с плавником "шарф". В F2 – 129 серых с плавником "шарф", 35 серых с нормальным плавником, 40 голубых с плавником "шарф", 20 голубых с нормальным плавником, 32 светлых с плавником "шарф", 10 светлых с нормальным плавником, 12 белых с плавником "шарф" и 5 белых с нормальным плавником. Что получится в анализирующем скрещивании, и каких рыб нужно использовать в качестве анализатора? Что получится, если скрестить голубую с белой рыбкой из F2 с плавниками "шарф"?

130. При скрещивании черной нормальношерстной крольчихи с белым короткошерстным самцом в F1 все крольчата черные нормальношерстные, а в F2 получается следующее расщепление: 31 черный нормальношерстный, 9 голубых нормальношерстных, 13 белых нормальношерстных, 8 черных короткошерстных, 3 голубых короткошерстных и 4 белых короткошерстных. Определите генотипы родителей и характер наследования окраски и длины шерсти.

131. Растение кукурузы с красными морщинистыми семенами скрещивали с растением, имеющим белые гладкие семена. В F1 все растения дали пурпурные гладкие семена, а F2 получено следующее расщепление: 840 растений с пурпурными гладкими семенами, 280 растений с пурпурными морщинистыми семенами, 378 растений с белыми гладкими семенами, 123 с белыми морщинистыми, 273 с красными гладкими и 89 с красными морщинистыми семенами (всего 1983). Как наследуются признаки? Каковы генотипы исходных растений? Какое расщепление ожидается в анализирующем скрещивании, и какое растение следует использовать в качестве анализатора?

132. Растение ржи с красными ушками на листьях и желтым зерном скрещено с растением, имеющим белые ушки и белое зерно. В F1 все потомки с красными ушками и зеленым зерном. В F2 получено 360 растений с красными ушками зеленым зерном, 117 с красными ушками желтым зерном, 164 с красными ушками белым зерном, 122 с белыми ушками зеленым зерном, 42 с белы-

ми ушками желтым зерном, 54 с белыми ушками и белым зерном. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных форм.

133. Голубой доберман-пинчер с длинной шерстью скрещивается с самкой той же породы, но с кофейным окрасом и короткой шерстью. В F1 все щенки черные с короткой шерстью. В F2 появилось 19 черных с короткой шерстью, 8 голубых с короткой шерстью, 10 кофейных короткошерстных, 7 черных с длинной шерстью, 1 голубой с длинной шерстью и 4 кофейных с длинной шерстью. Скрестив гибридов F1 с исходной короткошерстной кофейного окраса самкой, получили 37 щенков трех мастей: 19 кофейной, 8 голубой и 10 черной все с короткой шерстью. Что получится, если гибридов F1 повторно скрестить с голубым длинношерстным самцом?

134. При скрещивании белых кроликов с голубыми в F2 получено 9/16 черных, 3/16 – голубых и 4/16 – белых животных. При скрещивании кроликов с шерстью нормальной длины с длинношерстными ангорскими в F2 получили 3/4 с шерстью нормальной длины и 1/4 с длинной шерстью. Какова вероятность получения черных кроликов с длинной шерстью от скрещивания между собой гетерозиготных черных кроликов с шерстью нормальной длины?

135. При скрещивании двух сортов левкоя, один из которых имеет махровые красные цветки, а второй – махровые белые, в F1 все гибриды имеют простые красные цветки, а в F2 наблюдается расщепление: 68 растений с махровыми белыми цветками, 275 – с простыми красными, 86 – с простыми белыми и 213 – с махровыми красными цветками. Как наследуются окраска и форма цветка?

136. Скрещиваются два сорта земляники: безусая с красной ягодой и безусая с белой ягодой.

F1 – все растения усатые с красной ягодой;

F2 – 331 растение усатое с красной ягодой;

98 растений усатых с белой ягодой;

235 растений безусых с красной ягодой;

88 растений безусых с белой ягодой.

Определите генотипы исходных сортов и характер наследования окраски ягоды и усатости.

137. Растение душистого горошка с белыми пазушными цветками скрещено с растением, имеющим белые верхушечные цветки. В F1 все растения имели пурпурные пазушные цветки. В F2 получено 415 растений с пурпурными пазушными цветками, 140 растений с пурпурными верхушечными цветками, 350 растений с белыми пазушными и 95 с белыми верхушечными цветками. Каковы генотипы исходных растений? Какое растение надо взять для анализирующего скрещивания, и какие результаты получатся?

138. Растение ржи, с антоцианом опушенное без восковидного налета, скрещено с растением без антоциана неопушенным и с восковидным налетом. В F1 все растения с антоцианом опушенные и с восковидным налетом. В F2 получено 335 растений с антоцианом опушенных с восковидным налетом, 110 – с антоцианом опушенных без восковидного налета, 105 – с антоцианом неопушенных с восковидным налетом, 40 – с антоцианом неопушенных без восковидного налета, 267 – без антоциана опушенных с восковидным налетом, 90 – без антоциана опушенных без восковидного налета, 85 – без антоциана неопушенных с восковидным налетом, 29 – без антоциана неопушенных без восковидного налета. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных форм.

139. Белоплодное безусое растение земляники скрещивали с красноплодным усатым растением. В F1 все растения имели красные плоды и усы. В F2 получено: 332 красноплодных усатых растений, 242 красноплодных растений без усов, 87 белоплодных усатых растений и 91 белоплодное растение без усов. Определите генотипы исходных растений. Как можно получить гомозиготную форму земляники с усами и красными плодами?

140. Растение ржи, имеющее опушенные цветковые чешуи и антоциан, скрещивали с растением с неопушенными чешуями и без антоциана. В F1 все растения имели опушенные чешуи и антоциан. В F2 получено 102 опушенных с антоцианом, 86 опушенных без антоциана, 45 неопушенных с антоцианом и 24 неопу-

шенных без антоциана растений. Какая часть растений из F2 с опущенными чешуями, но без антоциана, будет гомозиготна?

141. При скрещивании земляники озимого типа без усов с растением ярового типа без усов. В F1 все растения озимого типа усатые, в F2 – 381 озимое усатое, 102 яровых усатых, 270 озимых без усов и 110 яровых без усов. От скрещивания F1 с исходной яровой безусой формой получено 181 озимое усатое растение, 210 яровых усатых, 201 озимых без усов и 188 яровых без усов. Определите генотипы исходных растений.

142. Лохмоногая с ореховидным гребнем курица скрещивалась с голоногим петухом с простым гребнем. В потомстве получили 11 лохмоногих с ореховидным гребнем, 15 лохмоногих с розовидным гребнем, 13 лохмоногих с гороховидным гребнем, 12 лохмоногих с простым гребнем, 9 голоногих с розовидным гребнем, 13 голоногих с гороховидным гребнем, 11 голоногих с простым гребнем и 13 голоногих с ореховидным гребнем. Можно ли определить генотипы исходных форм?

143. Белого петуха скрещивали с окрашенной курицей, в потомстве получилось  $\frac{3}{8}$  окрашенных и  $\frac{5}{8}$  белых птиц. Как наследуется окрашенность пера птиц? Каковы генотипы петуха и курицы?

144. Курица белая с розовидным гребнем скрещивалась с черным петухом, имеющим простой гребень. В потомстве половина птиц была белая с розовидным гребнем и половина белая с простым гребнем. Скрестив F1 между собой, получили 115 белых с розовидным гребнем, 112 белых с простым гребнем, 23 черных с розовидным гребнем и 26 черных с простым гребнем (всего 276). Каковы генотипы петуха и курицы?

145. Курица с оперенными ногами и розовидным гребнем скрещивалась с голоногим петухом, имеющим гороховидный гребень. В потомстве получено 25 с оперенными ногами и гороховидным гребнем птиц, 24 с оперенными ногами и ореховидным гребнем, 26 с оперенными ногами и розовидным гребнем, 22 с оперенными ногами и простым гребнем. Каковы генотипы исходных петуха и курицы?

146. Белая ангорская морская свинка скрещивалась с рыжей короткошерстной свинкой. В F1 получили 25 рыжих с короткой шерстью животных. При скрещивании гибридов F1 с белой ангорской получили 13 рыжих короткошерстных, 12 рыжих ангорских, 32 белых короткошерстных и 36 белых ангорских. При скрещивании гибридов F1 с рыжей короткошерстной свинкой в потомстве получили 54 рыжих короткошерстных животных. Что ожидают получить от скрещивания гибридов F1 между собой?

147. Оранжевых кроликов скрестили с шоколадно-коричневыми. В F1 все животные имели черную окраску, а в F2 получили 214 животных, из которых 94 черную, 32 голубую, 25 шоколадно-коричневую, 30 желтую, 10 светло-серую, 12 светло-желтую (черепаховую), 9 оранжевую и 2 песочную. Самок F2 с песочной окраской скрестили с черными самцами F1, получили 28 животных с такими же фенотипами как в F2, но в соотношении 1:1:1:1:1:1:1. Определите генотипы исходных животных.

148. При скрещивании левкоя с фиолетовыми и белыми цветками в F1 произошло расщепление: 102 растения имели фиолетовые цветки, 120 – красные, 231 – кремовые и 409 белые. При скрещивании растений с белыми цветками между собой – все потомство имело белые цветки. При скрещивании растений F1 с фиолетовыми цветками между собой получено расщепление: 27/64 с фиолетовыми, 9/64 с красными, 12/64 с кремовыми и 16/64 с белыми цветками. Как наследуется окраска цветков у левкоя? Каков генотип исходных растений?

149. У садовода имеются две формы левкоя с красными и кремовыми цветками. При самоопылении красноцветковых растений он получил в потомстве 222 красноцветковых, 68 растений с кремовыми цветками и 94 – с белыми. При самоопылении растений с кремовыми цветками получилось 18 растений с кремовыми и 7 с белыми цветками. При скрещивании исходных форм между собой получено 29 красноцветковых растений, 31 растение с кремовыми цветками и 18 растений с белыми. Как наследуется окраска у левкоя и каковы генотипы исходных форм, имеющих у садовода?

150. У кур оперенные ноги ( $F$ ) доминируют над голыми ( $f$ ), а белая окраска оперения ( $I$ ) – над черной ( $i$ ). Если у кур фактор розовидного гребня  $R$  присутствует одновременно с фактором гороховидного гребня  $P$ , гребень имеет ореховидную форму; если же одновременно присутствуют в гомозиготном состоянии оба рецессивных аллеля, развивается простой гребень. Птицевод имеет черного гомозиготного петуха с оперенными ногами и розовидным гребнем, а также белую гомозиготную голоногую курицу с гороховидным гребнем. Желательно получить черных голоногих птиц с ореховидным гребнем. Какая часть  $F_2$  от скрещивания между двумя имеющимися породами будет иметь желаемый фенотип? Какая часть этих последних будет гомозиготной по желательным признакам?

151. Развитие окраски цветков у растений контролируется пятью, независимо наследующимися генами. Присутствие в генотипе особи доминантных аллелей всех пяти генов обязательно для развития окраски, отсутствие хотя бы одного из них приводит к ее отсутствию. Скрещиваются гомозиготные неокрашенные формы, различающиеся по пяти этим генам, в  $F_1$  все растения имеют окрашенные цветки. Какое расщепление по окраске цветков будет в  $F_2$ ?

152. Цветовые вариации в окраске лошадей определяются сочетанием трех пар несцепленных неаллельных генов. Различным мастям соответствуют следующие генотипы:

aaB-E- – гнедая	aabbee – рыжая
A-B-E- – саврасая	A-bbE- – булано-саврасая
A-bbee – соловая	A-B-ee – мышастая
aaB-ee – бурая	aabbE- – буланая

1. Скрещивались гомозиготные саврасые и рыжие лошади. Определите вероятные соотношения мастей от скрещивания их потомков между собой.

2. При скрещивании рыжей и саврасой лошадей родился рыжий жеребенок. Какова вероятность, что второй жеребенок от этого скрещивания тоже будет рыжим?

153. При скрещивании зеленоплодных с желтоплодными растениями тыквы в F1 все желтоплодные, а в F2 3/4 потомков с желтыми плодами и 1/4 с зелеными. При скрещивании белоплодных с зеленоплодными растениями тыкв в F1 все белоплодные, а в F2 получено 113 белоплодных, 31 желтоплодное и 7 зеленоплодных. Как наследуется признак окраски плода?

154. Скрещивали белоплодную тыкву с зеленоплодной. В потомстве получили 86 белоплодных, 39 желтоплодных и 42 зеленоплодных. При скрещивании белоплодных и желтоплодных растений первого поколения между собой получено 1/2 белоплодных, 3/8 желтоплодных и 1/8 зеленоплодных. Определите генотипы исходных форм.

155. В следующих скрещиваниях тыкв, различающихся по окраске плодов, определить генотипы родителей и потомков:

1. белоплодное x желтоплодное; в потомстве 78 растений с белыми плодами, 61 с желтыми и 19 с зелеными;
2. белоплодное x зеленоплодное; в потомстве 145 растений с белыми плодами, 72 с желтыми и 66 с зелеными;
3. белоплодное x белоплодное; в потомстве 851 растение с белыми плодами, 218 с желтыми и 68 с зелеными.

156. У аквилегии, кроме нормальной зеленой окраски листьев, встречаются еще формы с пятнистыми листьями и желто-зелеными. Для изучения характера наследования окраски проведено несколько скрещиваний, которые дали следующие результаты:

1. Зеленые листья x пятнистые  
F1 – зеленые листья  
F2 – 65 растений с зелеными листьями и 20 с пятнистыми;
2. Зеленые листья x желто-зеленые  
F1 – зеленые листья  
F2 – 61 растение с зелеными листьями, 16 – с пятнистыми и 5 с желто-зелеными;
3. Пятнистые листья x желто-зеленые  
F1 – пятнистые листья  
F2 – 29 растений с пятнистыми листьями и 11 с желто-зелеными.

Определите генотипы скрещиваемых форм и характер наследования признака.

157. Растение овса с черными чешуями скрещивали с растением, имеющим белые чешуи. В F<sub>1</sub> все растения имели черные чешуи, а в F<sub>2</sub> получили 418 растений с черными чешуями, 100 растений с серыми и 42 с белыми чешуями. Как наследуется признак окраски чешуи? Каковы генотипы исходных растений? Какое скрещивание необходимо поставить для проверки гипотезы? Какой результат ожидался в F<sub>2</sub> среди 1000 потомков?

158. При скрещивании коричневой собаки с белой получено только белое потомство, а в F<sub>2</sub> появилось 40 белых, 9 черных и 5 коричневых щенков. Как наследуется окраска? Каковы генотипы родителей? Что получится от скрещивания черной собаки с белой?

159. Кроликов агути скрещивали с черными в F<sub>1</sub> все агути, а в F<sub>2</sub> 68 агути, 17 черных и 6 голубых. Как наследуется окраска меха у кроликов? Каковы генотипы исходных животных?

160. Имея две формы пшеницы (безостую, имеющую черные колосья, и остистую с красными колосьями), селекционер скрестил их, чтобы получить безостую красноколосую. В F<sub>1</sub> все растения оказались безостыми с черными колосьями. В F<sub>2</sub> 714 растений безостых с черными колосьями, 181 безостых красноколосых, 58 безостых белоколосых, 231 остистых черноколосых, 61 остистых красноколосых и 20 растений остистых белоколосых (всего 1265). Сколько генов отвечает за признаки? Каковы генотипы исходных форм пшеницы? Какая часть безостых красноколосых растений F<sub>2</sub> гомозиготна по обоим признакам?

161. Чешуя белого лука различным образом реагирует на пары аммония в зависимости от генотипа. У генотипа *ccii*, утратившего фермент, чешуя не окрашивается, а у *C-I-* (в генотипе есть аллель, ответственный за выработку фермента, но и его ингибитор) чешуя делается желтой. При скрещивании растений *ccii* x *CCII* в F<sub>1</sub> – луковицы желтые, а в F<sub>2</sub> получается расщепление на 13 белых и 3 желтых. Как изменится расщепление, если на луковицы подействовать аммонием?

162. При скрещивании белых леггорнов с белыми шелковистыми гибриды F1 все белые, а в F2 – 63 белых и 12 цветных. Каковы генотипы исходных пород? Как наследуется окраска у кур?

163. Белого петуха породы леггорн скрещивали с черной курицей в F1 получено 170 белых цыплят. При скрещивании их между собой получено 593 белых особи и 152 черных. При скрещивании гибридов F1 с черной исходной курицей получено 145 белых и 144 черных птицы. Как наследуется окраска? Каковы генотипы петуха и курицы?

164. При скрещивании белой курицы с черным петухом в F1 все белые, а в F2 56 белых и 14 черных. Повторив опыт, получили в F2 163 белых и 34 черных птицы. Чем объяснить разницу в первом и втором опыте?

165. При скрещивании белой курицы породы леггорн с белым петухом шелковистой породы гибриды F1 все белые, а в F2 172 белых и 33 черных птицы. При скрещивании гибридов F1 с белой шелковистой получено 146 белых и 53 черных птицы. При скрещивании гибридов F1 с леггорном получено 128 белых птиц. Как наследуется окраска у кур? Каковы генотипы пород?

166. При скрещивании растений душистого горошка с белыми цветками получено 183 растения с белыми цветками и 62 с пурпурными. Как наследуется окраска цветков? Определите генотипы исходных растений.

167. Скрещиваются два растения льна, одно из которых имеет розовую окраску цветка и нормальные лепестки, а другое – белую окраску цветка и гофрированные лепестки. В F1 окраска цветка розовая, лепестки – нормальные. В F2 получилось 40 растений с розовыми нормальными цветками, 8 с розовыми гофрированными, 4 с белыми гофрированными и 14 с белыми нормальными. Как наследуются окраска цветка и тип венчика?

168. Растение кукурузы с белыми морщинистыми семенами скрещивается с растением с пурпурными гладкими семенами. В F1 все растения дали только белые гладкие семена. В F2 получено 808 растений с белыми гладкими семенами, 249 с белыми

морщинистыми семенами, 202 с пурпурными гладкими семенами и 50 с пурпурными морщинистыми семенами. В анализирующем скрещивании получено 135 растений с белыми гладкими семенами, 150 с белыми морщинистыми семенами, 40 с пурпурными гладкими и 52 с пурпурными морщинистыми семенами. Как наследуются признаки окраски и формы семян? Каковы генотипы исходных растений кукурузы?

169. Скрещивали растения кукурузы с окрашенными и неокрашенными зернами. В F1 все зерна окрашены. В F2 получили 568 растений с окрашенными зернами и 120 с неокрашенными. Как наследуется окрашенность зерен? Каковы генотипы исходных растений и гибридов F1?

170. Скрещивалась черная собака с белой, в F1 1/2 щенков были белыми, 3/8 черными и 1/8 коричневыми. Как объяснить такое расщепление? Каковы генотипы исходных форм? Каких щенков можно ожидать от скрещивания белой исходной собаки с коричневой из F1?

171. Скрещивали растения тыквы с белыми удлинёнными плодами с растениями, имеющими зелёные дисковидные плоды. В F1 все растения имели белые дисковидные плоды. В F2 получено 548 белых дисковидных, 355 белых шаровидных, 61 белых удлинённых, 129 желтых дисковидных, 95 желтых шаровидных, 14 желтых удлинённых, 49 зелёных дисковидных, 28 зелёных шаровидных и 5 зелёных удлинённых (всего 1284). Как наследуются признаки? Какое расщепление вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании, и какое растение будете использовать в качестве анализатора?

172. У кур *C* и *O* – доминантные гены окрашенности оперения, *I* – доминантный ингибитор окраски. Генотипы пород следующие: белый леггорн – *COI*, белый виандот – *COi*, белая шелковистая – *CoI*. Каковы будут F1 и F2 от всевозможных скрещиваний между этими породами?

173. При самоопылении растений гороха, имеющих зелёные бобы, в потомстве получено 544 растения с зелёными плодами и 45 со светло-зелёными. Объясните расщепление и определи-

те генотипы растений. Как использовать мутантные растения для селекционной работы, если они окажутся жизнеспособными?

174. Оперенная курица скрещивалась с неродственным оперенным петухом. В F1 все птицы с оперением, а в F2 64 птицы имели оперение и 5 птиц голых. При скрещивании оперенных гибридов F1 с голыми птицами в F2 получено 37 оперенных птиц и 11 голых. Как наследуется оперенность у кур? Каковы генотипы исходных курицы и петуха?

175. У пастушьей сумки может быть стручок треугольной или округлой формы. При скрещивании любой гомозиготной формы с треугольным стручком с растением, имеющим округлый стручок, в F1 всегда треугольные стручки. Определите генотипы растений в скрещиваниях, дающих следующее расщепление в F2:

1. 15 растений с треугольными стручками, 1 с округлыми;
2. 3 растения с треугольными стручками, 1 с округлыми.

176. Золотые рыбки-альбиносы скрещивались с окрашенными. В F1 появились только окрашенные, а в F2 – 199 окрашенных и 17 альбиносов. Как наследуется окрашенность у золотых рыбок? Каковы генотипы исходных особей?

177. Зеленое растение кукурузы при самоопылении дает 15/16 зеленых и 1/16 белых (летальных). Как объяснить появление белых форм? Определите генотип исходного растения.

178. Два разных красноколосых растения пшеницы скрещивали с белоколосым. От первого скрещивания получили 42 красноколосых и 15 белоколосых. От второго скрещивания 54 красноколосых и 18 белоколосых. При скрещивании исходных красноколосых растений между собой получено 82 красноколосых (с разными оттенками) и 5 белоколосых. Как наследуется окраска колоса у пшеницы? Каковы генотипы исходных растений?

179. Объясните результаты и определите генотипы растений пшеницы в следующих скрещиваниях:

1. краснозерное × белозерное  
F1 3/4 краснозерных : 1/4 белозерных;
2. краснозерное × краснозерное

F1 7/8 краснозерных : 1/8 белозерных.

180. При скрещивании растений пшеницы с красным и белым колосьями получены растения с красным колосом. В F2 получили 397 красноколосых и 23 растения с белым колосом. Как наследуются признаки? Каковы генотипы исходных растений? Что получится, если скрестить гибриды F1 с растением, имеющим белые колосья?

181. Скрещивали два растения овса с метельчатыми соцветиями и в F1 получили только растения с метельчатыми соцветиями. В F2 среди 198 растений появилось 10 растений с одногривой метелкой. Что получится, если скрестить F1 с растением с одногривой метелкой?

182. При скрещивании гомозиготных красноколосых остистых растений пшеницы с гомозиготным белоколосым безостым растением в первом поколении все растения с красными колосьями безостые. В F2 564 растения безостые красноколосые, 184 остистые красноколосые, 38 безостых белоколосых и 10 остистых белоколосых. В анализирующем скрещивании также получено 4 фенотипа: 103 красноколосых безостых, 91 красноколосое остистое, 30 белоколосое безостое и 27 белоколосое остистое. Объясните полученные результаты, определите генотипы растений. Какое растение было использовано в качестве анализатора?

183. При скрещивании пшеницы с красными плотными колосьями с растением, имеющим белые рыхлые колосья, в F1 все растения с красными колосьями средней плотности, а в F2 получено: 185 растений с красным плотным колосом, 360 с красным колосом средней плотности, 182 с красным рыхлым колосом, 12 с белым плотным колосом, 25 с белым колосом средней плотности и 10 с белым рыхлым колосом. Как наследуются признаки? Каковы генотипы исходных растений? Как проверить ваше предположение?

184. В анализирующем скрещивании получено расщепление по фенотипу 7:1. Объясните полученный результат.

185. Цвет кожи человека определяется взаимодействием нескольких пар генов по типу кумулятивной полимерии, т.е. цвет

кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе. Потомка негра и белого называют мулатом. Если негритянка ( $AABB$ ) и белый мужчина ( $aabb$ ) имеют детей, то в какой пропорции можно ожидать появления детей полных негров, мулатов и белых?

1. Если два мулата ( $AaBb$ ) имеют детей, то можно ли ожидать среди них полных негров? Белых? Мулатов? Какую долю составят дети каждого типа?

2. Можно ли ожидать у супругов негров детей более светлых, чем они сами?

3. Можно ли ожидать у белых родителей детей более темных, чем они сами?

4. Могут ли два светлокожих негра иметь детей более темных, чем они сами? Или более светлых? Почему?

5. Чья кожа темнее:  $AAbb$ ,  $AaBb$ ,  $aaBB$ ?

186. Уши кроликов породы баран 30 см длины, у других пород 10 см. Предположим, что различия в длине ушей зависят от двух пар генов с однозначным действием. Генотип баранов –  $L_1L_1L_2L_2$ , обычных кроликов –  $l_1l_1l_2l_2$ . Определите длину ушей у кроликов в  $F_1$  и всех возможных генотипов в  $F_2$ .

187. Рост человека контролируется несколькими парами несцепленных генов, которые взаимодействуют по типу полимерии. Если пренебречь факторами среды и условно ограничиться лишь тремя парами генов, то можно допустить, что в какой-то популяции самые низкорослые люди имеют все рецессивные гены и рост 150 см, самые высокие – все доминантные гены и рост 180 см.

1. Определите рост людей, гетерозиготных по всем трем парам генов роста.

2. Низкорослая женщина вышла замуж за мужчину среднего роста. У них было четверо детей, которые имели рост 165 см, 160 см, 155 см и 150 см. Определите генотипы родителей и их рост.

3. Какого распределения по росту следует ожидать у детей родителей, гетерозиготных по всем трем генам роста? Какова вероятность появления в этом браке детей с тем или иным ростом?

188. Различие по урожайности между двумя сортами овса, один из которых дает 4г зерна, а другой – около 10г на одно растение, зависит от трех полигенов  $A_1, A_2, A_3$ . Каковы фенотипы F1 и F2?

189. У одного вида растений сильная изменчивость по опушенности (60 волосков на  $1 \text{ мм}^2$ ) – признак контролируется тремя парами генов. При скрещивании максимально опушенного растения с неопушенным в F1 опушенность растений промежуточная (30 волосков на  $\text{мм}^2$ ). Укажите генотипы родителей и гибридов. Какова ожидаемая доля в F2 максимально и промежуточно опушенных растений? Какая часть растений F2 будет иметь 40 волосков на  $\text{мм}^2$ ? Какая часть потомства F2 будет гомозиготной?

190. Кастр скрещивал кроликов, различающихся по длине ушей. Порода "фландры" имела длину ушей 145 мм, а у породы польских кроликов уши были длиной 85-90 мм. При скрещивании этих пород в F1 все кролики имели 110 мм уши. А в F2 получено 214 кроликов, у которых длина ушей варьировала от 92 до 123 мм. Сколько генов отвечает за длину ушей у кроликов? Каковы генотипы скрещиваемых пород?

191. Какой вывод о количестве генов, определяющих число листьев у ржи, можно сделать из факта, что максимальное количество листьев, характерное для одного из родителей, не было обнаружено в популяции F2, состоящей почти из 2000 особей?

192. Гомозиготное по трем рецессивным генам растение сорго имеет 30 см высоты, а гомозигота по доминантным аллелям – 50 см. В F2 получено 192 растения. Сколько из них будет иметь генетически обусловленный рост в 44 см?

193. Овца и баран имеют тонину шерсти 30 мк, потомство им подобно. Другая пара с той же тониной дала следующее потомство: 1 ягненок – 26 мк, 4 – 28 мк, 6 – 30 мк, 4 – 32 мк и 1 – 34 мк. Каковы генотипы 1-ой и 2-ой пары родителей?

194. Две линии кур отличаются по весу. Хотя F1 от скрещивания этих линий фенотипически однородно и обладает промежуточным весом, примерно 1 из 130 особей F2 оказалась тяже-

лее или легче любой особи из F1. Какое объяснение можно дать этому факту?

195. Высота сорго гомозиготного по 4-м парам генов карликовости равна 40 см, а гомозиготного по доминантным аллелям – 240 см. Скрещивали растение с генотипом  $A_1A_1a_2a_2A_3A_3a_4a_4$  с растением  $a_1a_1a_2a_2a_3a_3A_4A_4$ . Какова высота этих растений и гибридов F1? Укажите пределы изменчивости высоты у растений F2 и ожидаемую численность растений для каждого фенотипического класса высоты. Какова ожидаемая средняя высота растений F2?

196. Высота растений сорго, гомозиготного по аллелям 4-х генов карликовости, равна 40 см. Гомозигота доминантная высотой 240 см.

Растение  $A_1A_1A_2A_2A_3A_3A_4A_4$  скрещивали с растением  $a_1a_1a_2a_2a_3a_3A_4A_4$ . Какова высота стебля у каждого из родительских форм? Какова высота стебля у гибридов F1? Каковы пределы изменчивости у F2? Какова средняя высота растений F2?

197. Длина цветка самоопыляющегося растения контролируется 4 парами генов. Какая часть растений F2 будет иметь такую же длину цветка как гомозиготные родительские формы (длина цветка рецессивного родителя – 40 мм, доминантного – 93 мм).

198. Скрещивание высокой формы с низкой в F1 дает промежуточную форму, а в F2 среди 550 потомков получено 2 таких же высоких, как высокая исходная форма, и 3 таких же низких, как низкая исходная форма организма. Сколько пар генов определяют рост?

## 4. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ

Хромосомный набор раздельнополых (бисексуальных) организмов представлен *аутосомами* – хромосомами, одинаковыми у представителей разного пола, и *половыми* хромосомами (гоносомами), по которым особи разного пола различаются: у особей *гомогаметного* пола они одинаковые – XX, а у особей *гетерога-*

*метного* пола они гетероморфные, т.е. различаются по размерам и морфологии – XY. В соответствии с этим различают аутосомные признаки, гены которых расположены в аутосомах, и сцепленные с полом признаки, гены которых локализованы в половых хромосомах. Расположение генов в половых хромосомах может быть разным: 1) только в X хромосоме; 2) и в X, и в Y хромосомах; 3) только в Y хромосоме. Эти варианты локализации генов в половых хромосомах хорошо различимы по характеру наследования соответствующих признаков, хотя в подавляющем большинстве случаев имеет место I тип наследования.

В наследовании признаков, сцепленных с полом, обнаруживаются существенные особенности, отличающие их от наследования аутосомных признаков, которое происходит в полном соответствии с законами Г. Менделя. Эти особенности можно проследить, анализируя потомство *реципрокных* скрещиваний, а также учитывая дифференцированно потомство женского и мужского пола. Они обусловлены тем, что Y хромосома, независимо от того, несет она аллель данного гена или нет, передается от гетерогаметного родителя только к потомкам такого же пола и никогда не попадает к потомкам гомогаметного пола. В то же время единственная X хромосома к потомкам гетерогаметного пола попадает исключительно от гомогаметного родителя (например, мальчики получают свою X хромосому от матери, но не от отца), а потомки гомогаметного пола получают по одной X хромосоме от отца и от матери. Следует отметить, что особенно ярко указанные особенности проявляются в том случае, когда в Y хромосоме отсутствуют аллели соответствующего гена, что в основном и имеет место, так как Y хромосома у различных организмов генетически инертна (например, крисс-кросс наследование). Соответственно, в этом случае по генотипу особи гетерогаметного пола не могут быть гомо- или гетерозиготными, они *гемизиготны*.

При решении задач на наследование признаков, сцепленных с полом, необходимо описывать фено- и генотипы родителей и потомков обязательно с учетом их пола. Следует также иметь в виду, что у разных организмов хромосомные механизмы определения пола различаются. Например, у многих организмов, в том

числе у всех млекопитающих, гомогаметным является женский пол, а у птиц и некоторых насекомых (бабочки) гомогаметный пол – мужской.

## **ЗАДАЧИ**

199. Как отличить видимую доминантную мутацию, сцепленную с полом, от аутосомной?

200. Самку дрозофилы с полосковидными глазами скрещивали с нормальным самцом. В потомстве самки и самцы имели полосковидные глаза. В реципрокном скрещивании самок с нормальными глазами с самцами с полосковидными глазами в F1 все самки имели полосковидные глаза, а самцы – нормальные. Как наследуется признак? Каким должно быть F2 в этих скрещиваниях?

201. Скрещивали белоглазых самок дрозофилы с красноглазыми самцами. Какова окраска глаз у потомства от возвратного скрещивания самок F1 с отцом? От возвратного скрещивания самцов F1 с матерью?

202. Скрещивали гомозиготных красноглазых самок дрозофилы с белоглазыми самцами. Какова окраска глаз у потомства от возвратного скрещивания самок F1 с отцом? От возвратного скрещивания F1 самцов с матерью?

203. Белые самцы аквариумной рыбки медаки скрещены с красными самками. В F1 самки и самцы имели красную окраску. В F2 появились 117 красных самцов и самок и 43 белых самца. В обратном скрещивании белых самок с красными самцами в F1 получено 197 белых самцов и 130 красных самок. Как наследуется признак? Каковы генотипы родителей? Какое расщепление ожидается в F2 обратного скрещивания среди 200 потомков?

204. Появление в некоторых семьях лиц, характеризующихся недостатком фосфора в крови, связано с заболеванием специфической формой рахита, не поддающейся лечению витамином Д. В потомстве от браков 14 мужчин, больных этой формой рахита, со здоровыми женщинами родились 21 дочь и 16 сыновей. Все дочери страдали недостатком фосфора в крови (гипо-

фосфатемией), все сыновья здоровы. Какова генетическая обусловленность этого заболевания? Чем оно отличается от гемофилии?

205. Ранооперившийся петух скрещивался с позднооперившейся курицей. В потомстве 20 позднооперившихся петушков и 22 ранооперившихся курочки. В обратном скрещивании и самки и самцы оперялись поздно. Как наследуется признак? Какие результаты ожидаются в F2 обоих скрещиваний?

206. При скрещивании золотистых петухов (породы род-айленд) с суссекскими курами серебристого оперения в F1 наблюдали крисс-кросс наследование. Как наследуется окраска? Что ожидается в F1 и F2 обратного скрещивания?

207. От скрещивания рябого петуха с нерябой курицей в потомстве петушки и курочки все рябые. При скрещивании рябой курочки с нерябым петухом в F1 петушки рябые, а курочки нерябые. В F2 получено 29 рябых и 31 нерябых петушков и курочек. Как наследуется признак? Каковы генотипы исходных птиц? Какое расщепление ожидается в F2 первого скрещивания среди 100 потомков?

208. У молодых цыплят нет заметных половых признаков, а экономически целесообразно устанавливать для будущих петушков и курочек различные режимы кормления. Нельзя ли ген черной или рябой окраски, локализованный в X-хромосоме, использовать для различения по полу цыплят, если известно, что рябая окраска доминирует и различия по окраске заметны после вылупления.

209. Петуха с желтыми ногами скрещивали с курицей, имеющей зеленые ноги. В F1 петушки и курочки имели желтые ноги, а в F2 152 курочки и петушка имели желтые ноги и 49 курочек - зеленые. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных особей. Какое расщепление ожидается в F2 обратного скрещивания?

210. Окраска шерсти у кошек контролируется одним геном с неполным доминированием, локализованным в X-хромосоме. Рыжая окраска шерсти определяется доминантным геном *B*, чер-

ная – *b*. Гетерозигота имеет черепаховую окраску. Определите генотипы родителей и потомства в следующих скрещиваниях:

Родители:		Потомки:	
Кот	Кошка	Кошки	Коты
черный	рыжая	черепаховые	рыжие
рыжий	черная	черепаховые	черные
рыжий	черепаховая	рыжие и черепаховые	черные и рыжие
черный	черепаховая	черные и черепаховые	черные и рыжие

211. При скрещивании черного кота и кошки родилась одна черепаховая кошечка и 2 черных кота. Как объяснить результат?

212. У кошки, имеющей черепаховую окраску, родился один черепаховый котенок и 3 черных. Что можно сказать об окраске отца и о поле этих котят?

213. Во Франции Дрие обнаружил трех бесшерстных телят. Все они самцы. Родителями двух из них были нормальные корова и бык. У них еще была нормальная телка. Третий бесшерстный самец родился от возвратного скрещивания нормальной телки с ее нормальным отцом, от которого с другими неродственными коровами было получено 180 нормальных телят. Можно ли определить, как наследуется бесшерстность. Напишите генотипы всех животных. Как проверить предположение?

214. Отсутствие потовых желез у людей наследуется как рецессивный признак, сцепленный с полом. Здоровый юноша женится на здоровой девушке, отец которой без желез, а мать и ее предки здоровы. Какова вероятность того, что мальчики и девочки от этого брака будут страдать отсутствием потовых желез. Если жены сыновей и мужья дочерей будут здоровыми, то будут ли здоровы их дети?

215. Отец и сын дальтоники, а мать различает цвета. Правильно ли будет сказать, что в этой семье сын унаследовал свой недостаток от отца?

216. Мать и отец с нормальным зрением. Их сын – дальтоник, имеющий нормальную дочь. Их дочь с нормальным зрением

имеет двух сыновей, один из которых дальтоник. Вторая дочь также с нормальным зрением, 5 сыновей которой не дальтоники. Каковы генотипы всех членов семьи?

217. Женщина – дальтоник имеет нормальных мать и брата. Какова вероятность, что ее первый сын будет дальтоником?

218. У собаки в помете 8 щенков, половина из них – самцы. Один очень рано проявил признаки гемофилии. Определите вероятность гемофилии у остальных щенков. Сколько щенков, и какого пола окажутся носителями гемофилии? С помощью какого скрещивания можно с большой вероятностью выявить носителей гемофилии среди этих собак?

219. Скрещивали красноглазых с длинными крыльями дрозофил. В потомстве получено: самок –  $\frac{3}{4}$  красноглазых длиннокрылых и  $\frac{1}{4}$  красноглазых с зачаточными крыльями; самцов –  $\frac{3}{8}$  красноглазых длиннокрылых,  $\frac{3}{8}$  белоглазых длиннокрылых,  $\frac{1}{8}$  красноглазых с зачаточными крыльями и  $\frac{1}{8}$  белоглазых с зачаточными крыльями. Как наследуются данные признаки? Каковы генотипы родителей?

220. Скрещивали красноглазых длиннокрылых дрозофил. В потомстве получено самок – 154 красноглазых длиннокрылых и 48 красноглазых с зачаточными крыльями; самцов – 98 красноглазых длиннокрылых, 95 белоглазых длиннокрылых, 25 красноглазых с зачаточными крыльями и 32 белоглазых с зачаточными крыльями. Какова генетическая обусловленность признаков? Каковы генотипы родителей?

221. Скрещивали самок дрозофилы коричневоглазых с нормальными крыльями с самцами, имеющими красные глаза и обрезанные крылья. Гибридные самки и самцы F1 имели красные глаза и нормальные крылья. В F2 произошло следующее расщепление: самки – 161 красноглазая с нормальными крыльями и 42 коричневоглазых с нормальными крыльями; самцы – 76 красноглазых с нормальными крыльями, 80 красноглазых с обрезанными крыльями, 26 коричневоглазых с нормальными крыльями и 18 коричневоглазых с обрезанными крыльями. Как наследуются признаки? Каковы генотипы родителей и гибридов F1? Что получится в F1 и F2 обратного скрещивания?

222. Было проведено два опыта. В первом опыте скрещивали самку с яркокрасными глазами из линии 1 с самцом дикого типа. В потомстве самки и самцы оказались дикого типа (красноглазые). В обратном скрещивании самок дикого типа с самцами яркокрасноглазыми из линии 1 все потомство также дикого типа. Во втором опыте скрещивали самку с яркокрасными глазами из линии 2 с самцами дикого типа. В потомстве все самки оказались дикого типа, а самцы имели яркокрасные глаза. В обратном скрещивании самок дикого типа с самцами яркокрасноглазыми из линии 2 все потомство оказалось дикого типа. Каков характер наследования признака? Можно ли на основании этих данных определить число генов, контролирующих окраску глаз у дрозофилы?

223. Рябой гетерозиготный петух, имеющий простой гребень, скрещен с рябой курицей с гороховидным гребнем. От этого скрещивания появились рябые и нерябые курочки с гороховидным гребнем и рябые петушки с гороховидным гребнем. Объясните результаты. Определите генотипы родителей.

224. Петух курчавоперый с зелеными ногами скрещивался с курицей, нормально оперенной с желтыми ногами. В F1 петушки все курчавооперенные с желтыми ногами, а курочки курчавооперенные с зелеными ногами. В F2 среди петушков и курочек 73 имели курчавое оперение и желтые ноги, 71 курчавое оперение и зеленые ноги, 21 нормальное оперение и желтые ноги, 18 нормальное оперение и зеленые ноги. Как наследуются признаки? Каковы генотипы исходных форм? Что ожидается в F1 и F2 обратного скрещивания?

225. В F1 от скрещивания рябой с гребнем курицы с рябым без гребня петухом получили 94 рябых курицы, из них 44 с гребнем и 50 без гребня, и 25 рябых с гребнем петушка. Определите генотипы родителей. Каких петушков и курочек можно ожидать в дальнейшем?

226. Две рябых, имеющих гребешки птицы скрещены и дали двух цыплят: петушка рябого с гребнем и нерябую курицу без гребня. Определите генотипы родительских особей. Определите, каких еще потомков по полу, окраске и наличию или отсут-

ствию гребня можно ожидать при дальнейшем скрещивании тех же птиц. Рябая окраска доминирует над нерябой, и признак сцеплен с полом. Наличие гребня доминирует над его отсутствием, а ген, отвечающий за этот признак, локализуется на аутосоме.

227. Мужчина с голубыми глазами и нормальным зрением, оба родителя которого имели серые глаза и нормальное зрение, женится на женщине с нормальным зрением и серыми глазами. Родители женщины имели серые глаза и нормальное зрение, а голубоглазый брат был дальтоником. От этого брака родилась девочка с серыми глазами и нормальным зрением и два голубоглазых мальчика, один из которых оказался дальтоником. Составьте родословную и определите генотипы всех членов семьи.

228. Женщина с нормальным зрением, различающая вкус ФТК, вышла замуж за мужчину дальтоника, не различающего вкус ФТК. У них родились две девочки с нормальным зрением, различающие вкус ФТК, и четыре мальчика с нормальным зрением, из которых два различали вкус ФТК и два не различали вкус ФТК. Каковы генотипы родителей? Определите вероятность гетерозиготности матери по гену дальтонизма.

229. Талассемия – детерминруется аутосомным рецессивным геном. Гомозиготность по этому гену обычно смертельна для детей (большая талассемия). В гетерозиготном состоянии менее тяжелая форма (малая талассемия). Женщина дальтоник с малой талассемией вышла замуж за мужчину с нормальным зрением с малой талассемией. Определите возможные генотипы и фенотипы детей, ожидаемых от данного брака. Какой части детей грозит смерть?

230. Мужчина дальтоник с группой крови АВ женится на девушке с нормальным зрением и 0 группой крови. Отец девушки дальтоник и имеет группу крови А. Составьте родословную и определите генотипы всех членов семьи. Какова вероятность появления детей дальтоников от этого брака? Могут ли родиться дети с группами крови родителей?

231. Здоровый мужчина с группой крови АВ женится на здоровой женщине с 0 группой крови, отец которой гемофилик.

Каких детей можно ожидать от этого брака, и с какой вероятностью?

232. У кур полосатая окраска оперения определяется доминантным сцепленным с полом геном  $B$ , черная –  $b$ ; темная окраска кожи зависит от аутосомного гена  $S$ , белая –  $s$ , розовидный гребень –  $R$ , листовидный –  $r$ . Аутосомный ген  $C$  в гетерозиготном состоянии ( $Cc$ ) обуславливает коротконогость, а в гомозиготном ( $CC$ ) имеет летальный эффект, рецессивная гомозигота ( $cc$ ) имеет нормальную длину ног.

1. Петух черный темнокожий с листовидным гребнем; курица полосатая белокожая с листовидным гребнем. Какие могут быть цыплята?

2. Черный темнокожий петух с розовидным гребнем скрещен с полосатой темнокожей курицей, имеющей листовидный гребень. Среди цыплят 6 полосатых темнокожих петушков, 2 полосатых белокожих петушка, 5 черных темнокожих курочек и 2 черные белокожие курочки. Все цыплята с розовидным гребнем. Каковы генотипы родителей?

3. Полосатый белокожий петух с листовидным гребнем и черная темнокожая курица с розовидным гребнем дали 18 цыплят – все полосатые темнокожие с розовидным гребнем. Определите генотипы родителей.

4. Коротконового полосатого петуха скрещивают с коротконогой черной курицей. Какое потомство будет в F1?

5. Коротконового гетерозиготного по полосатой окраске оперения петуха скрещивают с коротконогой черной курицей. Какое ожидается потомство?

6. От неизвестных курицы и петуха получены цыплята:  $1/6$  с нормальными ногами черных курочек,  $1/6$  с нормальными ногами полосатых петушков,  $1/3$  коротконогих черных курочек и  $1/3$  коротконогих полосатых петушков. Определите генотипы и фенотипы родителей.

233. У дрозофилы ген  $l$  является рецессивным, локализованным в X-хромосоме и летальным. Каково будет численное соотношение полов в потомстве от скрещивания самок  $lX$  с нормальным самцом?

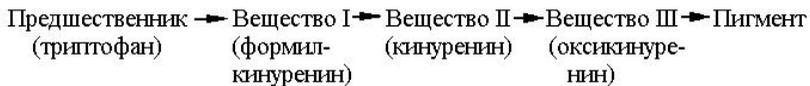
234. В одном гнезде леггорнов петух гетерозиготен по сцепленному с полом гену, который вызывает гибель эмбрионов в последние три дня инкубации. 200 оплодотворенных яиц из этого гнезда на 18 день инкубации (одной закладки) все еще содержат живых эмбрионов. Если смертность в последние дни инкубации не от действия указанного летального гена составит 12%, то какое количество петушков и курочек Вы ожидаете найти среди погибших эмбрионов? Среди вылупившихся цыплят?

235. От пары мух дрозофилы получено 420 потомков, из них только 141 самец. Как это можно объяснить?

236. Самки дрозофилы с зазубренными краями крыльев (фенотип Notch) скрещиваются с самцами дикого типа. В F1 получены следующие результаты: 550 самок дикого типа и 472 самки с зазубренными крыльями, 515 самцов дикого типа. Дайте генетическое объяснение этому результату.

237. Скрещивается самка дрозофилы с ярко-красными глазами и самец с рубиновыми. Все потомство красноглазое. В F2 получено следующее расщепление: красноглазых – 31 самка и 16 самцов; с рубиновыми глазами – 15 самцов; с ярко-красными глазами – 9 самок и 5 самцов и с оранжевыми глазами – 6 самцов. Как наследуется окраска глаз?

238. Кирпично-красная окраска глаз дрозофилы получается при наличии двух глазных пигментов – ярко-красного и коричневого. Синтез коричневого глазного пигмента идет по следующему пути:



У мутанта по гену *vermillion* (*v*) не работает фермент I, а у мутанта по гену *cinnabar* (*cn*) – фермент 2. Мутация *brown* (*bw*) блокирует синтез ярко-красного пигмента. Регуляторная мутация *white* (*w*) выключает процессы образования обоих пигментов. Основные (доминантные) аллельные формы этих генов –  $v^+$ ,  $cn^+$ ,  $bw^+$  и  $w^+$ .

Гены  $v$  и  $w$  расположены в X-хромосоме, а  $bw$  и  $cn$  – аутосомные.

Имеется 4 линии мух, в каждой из которых мутантен один из этих четырех генов:  $v$  – линия I,  $cn$  – линия II,  $bw$  – линия III,  $w$  – линия IV. Какой будет доля мух с кирпично-красными глазами в F2 при скрещивании I и II линии; I и III линии; III и IV линии, II и III линии? Какого пола они будут?

239. Белые самцы медаки скрещивались с коричневыми самками. В F1 самки и самцы коричневые, в F2 248 коричневых, 57 голубых, 53 красных и 21 белых рыбок. Пол удается определить не раньше, чем в годовалом возрасте. Через год среди выживших рыб распределение по полу и окраске оказалось следующее: самок: 147 коричневых и 35 красных, самцов: 77 коричневых, 56 голубых, 16 красных и 19 белых. Как наследуется окраска у медаки? Каковы генотипы родителей? Что получится, если скрестить гомозиготного коричневого самца с белой самкой?

240. Скрещивали петуха, рябого с простым гребнем, с курицей, рябой с ореховидным гребнем. В потомстве получили 23 рябых с розовидным гребнем и 19 рябых с ореховидным гребнем петушков и 12 рябых с ореховидным гребнем, 8 рябых с розовидным гребнем, 11 нерябых с ореховидным гребнем и 10 нерябых с розовидным гребнем курочек. Объясните результат скрещивания. Определите генотипы исходных петуха и курицы.

241. У человека есть наследственное аллергическое заболевание – геморрагический диатез, вызываемый рецессивным геном  $a$ . Аллели этого гена находятся и в X-, и в Y-хромосоме. Попробуйте определить какие будут дети и внуки, если родители: а) жена здорова, муж болен (оба гомозиготны); б) муж здоров, жена больна (оба гомозиготны).

242. У рыбы *Aplocheilus* самки гомогаметны, а самцы гетерогаметны. Y-хромосома так же, как и X-хромосома, содержит аллели генов. В норме рыбы имеют коричневую окраску, определяемую аллелью  $B$ ; голубая окраска –  $b$ . Y-хромосома всегда содержит аллель  $B$  и никогда –  $b$ . Следовательно, самцы никогда не бывают голубыми. Проведите скрещивание голубой самки с коричневым гомозиготным самцом и определите, какие будут F1 и

F2. В чем отличие этого наследования от аутосомного и сцепленного с полом?

243. В браке женщины с нормальным зрением, у которой были родственники с полной цветовой слепотой, и мужчины с нормальным зрением, отец которого имел полную цветовую слепоту, родились три дочери с нормальным зрением и два сына с цветовой слепотой. В другом браке у супругов также с нормальным зрением родились две дочери с полной цветовой слепотой и два сына с нормальным зрением. Родственники матери детей и мать отца имели эту аномалию. Объясните, почему в первой семье сыновья, а во второй – дочери были с аномальным зрением.

244. У рыбки *Aplocheilus* дикая форма имеет коричневую окраску. Известны еще голубая, красная и белая разновидности. Половые хромосомы у рыб: самец – XY, самка – XX. При скрещивании этих разновидностей получены следующие результаты:

P<sub>1</sub> ♀ белая × ♂ красный

F1 – все особи красные

F2 – ♀♀: 41 красная, 43 белых; ♂♂: 76 красных, 0 белых

P<sub>2</sub> ♀ белая × ♂ красный из F1 предыдущего скрещивания

F1 – ♀♀: 0 красных, 197 белых; ♂♂: 251 красных, 0 белых

P<sub>3</sub> ♀ красная × ♂ белый

F1 – все особи красные

F2 – ♀♀: 87 красных, 0 белых; ♂♂: 42 красных, 33 белых

Каков способ наследования красной и белой окраски? Напишите схему наследования признака.

245. У человека есть очень редкая аномалия – ихтиозис. В родословной, где он прослежен, больны только мужчины. Все сыновья больного отца обязательно больны. Женщины и не болеют и не передают эту болезнь детям. Как наследуется ихтиозис?

246. Гипертрихоз (вырастание волос на краю ушной раковины) наследуется как сцепленный с Y-хромосомой признак, который проявится только лишь к 17 годам жизни. Одна из форм ихтиоза (чешуйчатость и пятнистое утолщение кожи) наследуется как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признак. В семье, где женщина нормальна по обоим признакам, а муж является

обладателем только гипертрихоза, родился мальчик с признаками ихтиоза.

1. Определите вероятность проявления у этого мальчика гипертрихоза.

2. Определите вероятность рождения в этой семье детей без обеих аномалий, и какого они будут пола.

247. Мутация, придающая скорлупе яиц зеленовато-голубую окраску (по сравнению с нормальной белой), обусловлена одним доминантным геном. Какими скрещиваниями, и с помощью каких критериев можно в течение двух поколений выяснить, является ли указанный ген аутосомным или сцепленным с полом, если имеется только одна такая курица?

248. Какой признак легче изучать генетически: лактальбумин молока или трансферин крови? Почему?

249. У человека лысость доминирует над отсутствием лысины у мужчин и рецессивна у женщин. Кареглазый лысый мужчина, отец которого не имел лысины и был голубоглазым, женился на голубоглазой женщине, отец и все братья которой были лысые. Каков вероятный фенотип детей от этого брака?

250. Как вы отличите аутосомный, ограниченный мужским полом признак, от признака, обусловленного геном, локализованным в Y-хромосоме?

251. Как отличить признак, обусловленный геном, локализованным в Y-хромосоме, от признака, ген которого расположен в аутосоме, но проявляется лишь у мужских особей?

252. Какой пол будет у дрозофилы и человека с набором половых хромосом XXУ? Почему?

253. Какой пол будет у дрозофил, имеющих следующие наборы хромосом: 3X+3A, 3X+2A, 2X+2A, XXУ+2A, X0+2A?

254. При скрещивании самки дрозофилы дикого типа с самцом, имеющим белые глаза, в потомстве наряду с мухами дикого типа появились 9 самцов с белыми глазами. Объясните их происхождение.

255. От скрещивания белоглазых самок с красноглазыми самцами в потомстве получено 895 самцов с белыми глазами и 882 самки красноглазых. Кроме того, обнаружено 2 самки с белыми глазами и 1 самец с красными глазами. Как объяснить появление необычных самок и самцов? Как проверить правильность предположения?

256. В индивидуальных скрещиваниях самок дрозофилы дикого типа с самцами, имеющими абрикосового цвета глаза, были получены потомки дикого типа. Однако в нескольких семьях наряду с потомками дикого типа встретилось по одному самцу, имеющему абрикосовые глаза. В одной семье таких самцов было 18. Объясните, в чем различие наблюдаемых трех типов семей?

257. Черепаховая окраска шерсти обычно бывает только у кошек. Но иногда очень редко рождаются коты с черепаховой окраской. Как объяснить данный факт?

258. Какой ребенок может родиться в браке между женщиной-дальтоником и нормальной мужчиной при нерасхождении X-хромосом у матери? Каким будет пол этого ребенка?

259. Серых самок гуппи скрещивали с пестрыми самцами. В потомстве получили 1 самку серую и 1 самца пестрого. Такой же результат наблюдали в F<sub>2</sub> и F<sub>3</sub>. Объясните результаты скрещивания и определите генотипы исходных особей.

260. У дрозофилы аллель гена *y*, отвечающая за желтое тело, рецессивна и расположена в X-хромосоме. Определить генотип и фенотип потомства от скрещивания диплоидного самца с желтым телом с триплоидной самкой с генотипом YYy.

## 5. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ. КРОССИНГОВЕР

До сих пор, независимо от того, определялся признак одним геном или был полигенным, аутосомным или сцепленным с полом, рассматривались примеры признаков, гены которых локализованы в разных парах хромосом, т.е. в негомологичных хромосомах. Однако в каждой паре хромосом находится множество генов, которые в совокупности составляют группу сцепления. У

каждого вида животных и растений имеется строго определенное число групп сцепления, которое равно гаплоидному числу хромосом.

Признаки, гены которых локализованы в одной хромосоме, называются *сцепленными*. Характер их наследования (сцепленное наследование) существенно отличается от наследования, соответствующего 3 закону Г. Менделя, т.е. от независимого наследования. Суть отличий состоит в том, что для сцепленных признаков характерна тенденция к их совместной передаче от родителей к потомству в той комбинации, в которой они были у первых. Однако сцепление признаков не является абсолютным, они могут разъединяться и передаваться потомкам в иной комбинации, нежели они были у родителей. Нарушение сцепления связано с процессом *кроссинговера*, т.е. обменом идентичными участками между гомологичными хромосомами, который имеет место в зиготене-пахитене профазы I мейоза. Половые клетки, образовавшиеся в результате кроссинговера, называются *кроссоверными*.

Если кроссинговер не произошел, формируются *некроссоверные* гаметы.

Установлено, что частота кроссинговера, которую определяют по процентному содержанию кроссоверных гамет, отражает силу сцепления между генами: чем больше сила сцепления между генами, тем реже происходит кроссинговер, и, наоборот, чем меньше сила сцепления, тем он происходит чаще. В свою очередь, сила сцепления между генами обратно пропорциональна расстоянию между ними: чем меньше расстояние между генами, тем больше сила сцепления и, следовательно, с тем меньшей частотой происходит кроссинговер. Таким образом, частота кроссинговера является относительной мерой расстояния между генами. Эта закономерность широко используется для целей генетического картирования, а именно, для установления порядка расположения генов в группах сцепления и относительных расстояний между ними.

Освоение генетических закономерностей при решении задач в предыдущих и в этом разделах дает возможность:

1. устанавливать характер наследования двух и большего числа признаков относительно друг друга (независимый или сцепленный);
2. определять частоту кроссинговера по результатам анализирующего скрещивания, а также по второму гибриднему поколению;
3. предсказывать результаты тех или иных скрещиваний с учетом сцепления генов;
4. заниматься генетическим картированием.

### ЗАДАЧИ

261. Сколько независимо наследующихся пар признаков может быть у лошадиной аскариды, гороха, мыши, кукурузы, человека?

262. У морской свинки короткошерстность доминирует над длинно-шерстностью, а грубая шерсть – над нормальной. Какие нужно провести скрещивания, чтобы выяснить, сцеплены ли гены, отвечающие за эти признаки, а если сцеплены, то определить процент кроссинговера?

263. Можно ли определить процент кроссинговера между генами  $A$  и  $B$  в скрещивании:

$$\frac{Ab}{ab} \times \frac{aB}{ab} ?$$

264. Какие типы гамет и в какой пропорции формируются дигетерозиготой  $AB/ab$ , если гены  $A$  и  $B$  сцеплены и перекрест между ними: а) отсутствует, б) составляет 12%?

265. Какие типы гамет и в какой пропорции формируются дигетерозиготой  $Ab/aB$ , если гены  $A$  и  $B$  сцеплены и перекрест между ними: а) отсутствует, б) составляет 8%?

266. У дрозофилы гены красной, белой и эозиновой окраски глаз являются аллелями. Известно, что гены желтого тела и белых глаз сцеплены друг с другом и дают 1,5% кроссинговера. Какой процент кроссинговера будет наблюдаться между генами желтого тела и эозиновых глаз?

267. У человека катаракта (болезнь глаз) и многопалость (полидактилия) вызываются доминантными аллелями двух генов, располагающихся в одной и той же хромосоме. Одна молодая женщина унаследовала катаракту от отца и многопалость от матери. Ее муж нормален по этим признакам. Сравните (качественно) вероятности того, что их ребенок: а) будет страдать одновременно обеими аномалиями, б) будет страдать только одной из них, в) будет вполне нормальным.

268. В анализирующем скрещивании от гетерозиготы  $AaBb$  были получены потомки с фенотипом:  $AB - 903$ ,  $Ab - 101$ ,  $aB - 98$ ,  $ab - 898$  (всего 2000). Объясните расщепление. Если гены сцеплены, то в каком состоянии – в притяжении или в отталкивании – они находятся в гетерозиготе?

269. В анализирующем скрещивании дигетерозиготы  $AaBb$  получено расщепление:  $AB - 243$ ;  $Ab - 762$ ;  $aB - 758$ ;  $ab - 237$  (всего 2000). Каков характер наследования генов? Какое расстояние между генами? Определите генотип гетерозиготы. Какое соотношение было бы в потомстве анализирующего скрещивания дигетерозиготы, полученной в скрещивании  $AABB$  с  $aabb$ ?

270. Определите процент кроссинговера между генами  $A$  и  $B$ , если кроссинговер происходит с одинаковой частотой у самок и самцов и анализирующее скрещивание гетерозиготы  $Ab/aB$  дает 4 типа потомков, обладающих одинаковой жизнеспособностью. Частота двух из них составляет по 1% от всего потомства.

271. В анализирующем скрещивании дигетерозиготы произошло расщепление: 42,4% –  $AB$ ; 6,9% –  $Ab$ ; 7,0% –  $aB$  и 43,7% –  $ab$ . Объясните расщепление. Если гены сцеплены, то на каком расстоянии они находятся? Что получится, если дигетерозиготы скрестить между собой?

272. У томата высокий рост доминирует над низким, гладкий эндосперм над шероховатым. От скрещивания двух растений получили расщепление: 208 высоких с гладким эндоспермом, 9 высоких с шероховатым эндоспермом, 6 низких с гладким эндоспермом и 195 низких с шероховатым эндоспермом. Объясните

расщепление. Определите генотипы исходных растений и их фенотип.

273. Скрещивали растения китайской примулы с коротким пестиком и кремовыми цветками с длинным пестиком и красными цветками. Гибриды F<sub>1</sub>, имеющие короткий пестик и кремовые цветки, скрещивали с растениями, имеющими длинный пестик и красные цветки. Получили следующее потомство 1697 – с коротким пестиком и кремовыми цветками, 195 – с коротким пестиком и красными цветками, 234 – с длинным пестиком и кремовыми цветками и 1558 – с длинным пестиком и красными цветками (всего 3684). Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений.

274. У кукурузы окрашенность семян доминирует над неокрашенностью, гладкий эндосперм доминирует над морщинистым. Скрещено окрашенное гладкое с неокрашенным морщинистым. В F<sub>1</sub> все растения окрашенные гладкие. В результате анализирующего скрещивания с F<sub>1</sub> получены семена четырех типов: 4032 – окрашенных гладких, 149 – окрашенных морщинистых, 152 – неокрашенных гладких и 4035 – неокрашенных морщинистых (всего 8368). Объясните результаты, определите генотип исходных форм. Какое расщепление Вы ожидаете в F<sub>2</sub> от скрещивания гибридов F<sub>1</sub>?

275. От скрещивания растений кукурузы с желтым непрозрачным (тусклым) эндоспермом зерна с растением, имевшим белый прозрачный эндосперм, в F<sub>1</sub> все зерна имели желтый прозрачный эндосперм, а в F<sub>a</sub> произошло расщепление: 777 зерен имели желтый непрозрачный эндосперм, 7 – желтый прозрачный, 10 – белый непрозрачный и 773 – белый прозрачный эндосперм. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений и гибридов F<sub>1</sub>, а также фенотип анализатора.

276. От скрещивания самцов дрозофилы с темно-коричневыми глазами и волосатым телом с самками дикого типа (красные глаза, нормальное тело) в F<sub>1</sub> все дикого типа. В обратном скрещивании самок первого поколения с исходным самцом получили расщепление: 1264 дикого типа, 8 красноглазых волосатых, 5 темно-коричневых с нормальным телом и 1277 тем-

но-коричневыми глазами и волосатым телом. Как наследуются признаки? Определите генотип исходных мух и гибридов F1. Какое расщепление Вы ожидаете получить в потомстве от скрещивания гибридов F1 между собой?

277. Куры с длинными ногами и простым гребнем при скрещивании с петухом-коротконожкой с розовидным гребнем, получившим коротконогость от отца, а розовидный гребень от матери, дала следующее потомство: 5 коротконожек с розовидным гребнем, 103 коротконожек с простым гребнем 89 длинноногих с розовидным гребнем, 12 длинноногих с простым гребнем (всего 209). Как наследуются признаки? Определите генотипы родителей.

278. От скрещивания гибридных желтых небледных мышей с мышами агути бледными было получено расщепление: 52 агути небледных, 188 желтых небледных, 41 желтых бледных, 174 агути бледных (всего 455). Как наследуется окраска? Объясните полученные результаты. Определите генотипы родителей.

279. В F2 от скрещивания нормальных самок дрозофилы с самцами, имеющими черное тело и загнутые крылья, было получено 87 черных с загнутыми крыльями и 269 нормальных самок и самцов. Как наследуются признаки? Объясните полученные результаты. Каков генотип F1 и родителей?

280. При скрещивании душистого горошка, гомозиготного по яркой окраске цветков и наличию усов, с растением, гомозиготным по бледной окраске цветков и отсутствию усов, было получено F1, состоящее из растений с яркими цветками и усами. В F2 от этого скрещивания было получено: яркоцветковых с усами – 424, бледноцветковых с усами – 99, с яркими цветками без усов – 102, с бледными цветками без усов – 91. При скрещивании яркоцветкового растения без усов с бледноцветковым растением, имеющим усы, в F1 были получены яркоцветковые, обладающие усами растения, в F2 же оказалось: яркоцветковых растений с усами – 847, бледноцветковых с усами – 298, яркоцветковых без усов – 300, бледноцветковых без усов – 49. Определите генотипы исходных растений и характер наследования признаков.

281. Если гены *A* и *B* сцеплены и кроссинговер между ними составляет 20%, то какова будет пропорция генотипов *ab/ab* и *aB/aB* в F2 от скрещивания *AB/AB* × *ab/ab*? *Ab/Ab* × *aB/aB*?

282. Гены *A* и *B* сцеплены и кроссинговер между ними составляет 40%. Определите, сколько появится в потомстве дигетерозиготы *AB/ab* при ее самооплодотворении форм, с фенотипом *aabb* и *A-bb*? Что получится при кроссинговере 10%?

283. При скрещивании высокого растения томата с грушевидными плодами с карликовым растением с шаровидными плодами в F1 все растения оказались высокими с шаровидными плодами. Какое расщепление должно произойти в F2 и в анализирующем скрещивании гибридов F1, если все признаки контролируются моногенно, гены локализованы в одной хромосоме и расстояние между ними 16% кроссинговера.

284. Высокое растение томата с шаровидными плодами, скрещенное с карликовым растением, имеющим грушевидные плоды, дало 81 высокое шаровидное, 79 карликовых грушевидных, 22 высоких грушевидных и 17 карликовых шаровидных потомков. Другое высокое растение с шаровидными плодами, скрещенное с карликовым растением, имеющим грушевидные плоды, дало 21 высокое грушевидное, 18 карликовых шаровидных, 5 высоких шаровидных и 4 карликовых грушевидных потомка. Каковы генотипы двух исходных высоких растений с шаровидными плодами? Какое потомство дали бы они при скрещивании друг с другом, и в каком соотношении?

285. У растения окрашенный цветок доминирует над неокрашенным, а желтая окраска растений рецессивна по отношению к зеленой. Два гетерозиготных растения скрещены с рецессивной гомозиготной формой, в результате получено следующее потомство:

Окраска цветка	Окраска растения	Растение 1	Растение 2
окрашенный	зеленая	88	23
окрашенный	желтая	12	170
неокрашенный	зеленая	8	190
неокрашенный	желтая	92	17

Каковы генотипы обоих гетерозиготных растений? Рассчитайте величину кроссинговера. Какое получилось бы потомство от самоопыления каждого из растений и при скрещивании их друг с другом?

286. Гомозиготную самку дрозофилы с яркокрасными глазами (*cn*) скрещивали с самцом, имеющим черное тело (*b*). Что ожидаете получить в F1, в F2 и анализирующем скрещивании гибридов F1, если гены *cn* и *b* располагаются на расстоянии 10 сантиморганов.

287. У дрозофилы доминантный ген "лопастные глаза" расположен в той же аутосоме, что и рецессивный ген "укороченное тело". Гомозиготная самка с укороченным телом и "лопастными глазами" скрещивается с нормальным самцом. Какое F1 и F2 ожидается, если между генами расстояние 0,5% кроссинговера?

288. У кукурузы мучнистость доминирует над восковидным эндоспермом, фиолетовая окраска проростков над зеленой. Гены, отвечающие за эти признаки, локализованы в 9 хромосоме на расстоянии 12% кроссинговера. Какой фенотип и генотип будет у гибридов F1 от скрещивания гомозиготного растения кукурузы с мучнистым эндоспермом и зелеными проростками с растением, имеющим восковидный эндосперм и фиолетовые проростки? Какое ожидается в F2 расщепление?

289. У дрозофилы белые глаза и скомканные крылья определяются рецессивными аллелями генов, расположенных в половой хромосоме на расстоянии 15% кроссинговера. Какое потомство ожидается от скрещивания гомозиготной красноглазой длиннокрылой самки с самцом белоглазым со скомканными крыльями? Какое потомство получится от скрещивания самки F1 с самцом белоглазым со скомканными крыльями? Какое потомство получится от скрещивания самца F1 с белоглазой самкой со скомканными крыльями?

290. Самка дрозофилы с киноварными глазами и нормальными крыльями скрещивается с красноглазым самцом с расщепленными крыльями. Какое потомство ожидается в F1 и в F2 среди самок и самцов, если ген киноварной окраски расположен на 33

морганиде, а ген расщепленности крыльев на 65 морганиде генетической карты X-хромосомы?

291. У томатов высокий рост доминирует над карликовым, шаровидная форма плода над грушевидной. Скрещивали гомозиготные высокие шаровидные растения с карликовыми грушевидными. Гибриды F1 самоопыляли. В F2 получено расщепление 1650 высоких шаровидных, 230 высоких грушевидных, 220 карликовых шаровидных и 400 карликовых грушевидных (всего 2500). Объяснить результаты. Какое расщепление ожидается в анализирующем скрещивании гибридов F1, и какие растения нужно использовать в качестве анализатора?

292. При скрещивании растений кукурузы, имевших нормальный рост, в початке которых развивались пыльники, с укороченными растениями, имевшими нормальные початки, в F1 наблюдали нормальные в отношении этих признаков растения. В F2 произошло расщепление: 526 растений нормальных по обоим признакам, 273 – нормальных с пыльниками в початке, 255 – укороченных с нормальными початками и 18 укороченных с пыльниками в початках (всего 1072). Наследуются ли признаки независимо? Какое расщепление Вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании, и какое растение будете использовать в качестве анализатора?

293. От скрещивания белых кур без хохла с черными хохлатыми петухами в F1 все цыплята оказались белыми хохлатыми, а в F2 произошло расщепление: 5005 белых хохлатых, 2505 белых без хохла, 2460 черных хохлатых и 30 черных без хохла (всего 10000). Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных птиц и F1. Какое расщепление Вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании, и каких птиц Вы предполагаете использовать для него?

294. У кроликов окрашенность шерсти определяется геном *C*, альбинизм – *c*, черная окраска – *B*, коричневая – *b*. Коричневый кролик скрещен с альбиносом, а гибриды F1 скрещиваются с двойной рецессивной формой. В потомстве получено 68 черных крольчат, коричневых – 132 и альбиносов – 200. Определите, как наследуются эти гены?

295. При скрещивании растений арабидопсис с курчавыми листьями ( $a$ ) и нормальными стручками ( $B$ ) с растениями с нормальными листьями ( $A$ ) и короткими толстыми стручками ( $b$ ), поставленных для выяснения совместного наследования этих признаков. В  $F_2$  получили следующий результат: 178 – нормальный лист, нормальные стручки ( $AB$ ), 91 – нормальный лист, короткие стручки ( $Ab$ ), 82 – курчавый лист, нормальные стручки ( $aB$ ), 3 – курчавый лист короткие стручки ( $ab$ ) – всего 304 растения. Как наследуются признаки?

296. Гомозиготное стелющееся растение гороха с окрашенными цветками скрещивается с гомозиготным кустистым растением с белыми цветками. В  $F_2$  получено расщепление 20 стелющихся белых, 128 стелющихся окрашенных, 30 кустистых белых и 22 кустистых окрашенных (всего 200) Объясните результаты скрещиваний, определите генотипы исходных растений, генотип и фенотип гибридов  $F_1$ .

297. Какова величина кроссинговера между генами  $A$  и  $B$ , если доля некрссоверного генотипа  $aabb$  в  $F_2$  составляет 16%?

298. Какова величина кроссинговера, если доля некрссоверных особей  $aabb$  в  $F_2$  составляет 12,25% ?

299. Цвет глаз у крыс обусловлен взаимодействием генов  $P$  и  $R$ . Рecessивные аллели каждого из них обуславливают светлую окраску глаз. Скрещены гомозиготные темноглазые крысы с двойными recessивами и  $F_1$  от этого скрещивания возвратно скрещено с двойными recessивами. В результате получено потомство: 1255 темноглазых и 1777 светлоглазых. Когда были скрещены крысы светлоглазые со светлоглазыми и  $F_1$  темноглазое возвратно скрещено с двойными recessивами, получилось потомство 174 темноглазых и 1540 светлоглазых. Вычислите сцепление между генами  $P$  и  $R$ , если гены сцеплены.

300. Было проведено два скрещивания дрозофил.

1. Самки с черным телом и дуговидными крыльями х самцы с серым телом и прямокрылые,

самки  $F_1$  х самцы: черные с дуговидными крыльями:

$F_2$ : 1641 – серые прямокрылые;

1251 – серые с дуговидными крыльями;  
1180 – черные прямокрылые;  
1532 – черные с дуговидными крыльями (всего 5604);

2. Самки черные прямокрылые х самцы серые с дуговидными крыльями

самки F1 х самцы: черные с дуговидными крыльями.

Fa: 281 – серые прямокрылые;

335 – серые дуговидные;

336 – черные прямокрылые;

239 – черные дуговидные (всего 1191).

Как наследуются признаки? Определите генотип исходных мух и гибридов F1. Чем можно объяснить разницу результатов в этих скрещиваниях?

301. В F1 от скрещивания серебристых рябых кур с золотистыми нерябыми петухами получили 34 золотистых нерябых курицы и 29 серебристых рябых петухов. Петухов из F1 скрестили с курами из F1. В потомстве от этого скрещивания были получены петухи и курицы четырех фенотипов: 282 серебристых рябых, 206 золотистых рябых, 226 серебристых нерябых и 266 золотистых нерябых (всего 980). Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных птиц и гибридных петухов из F1.

302. Было проведено два скрещивания дрозофил.

1. Самки: черные с длинными крыльями х самцы: серые с короткими крыльями,

самки: F1 х самцы: черные короткокрылые

Fa: 272 – серые длиннокрылые;

774 – черные длиннокрылые;

801 – серые короткокрылые;

239 – черные короткокрылые (всего 2086);

2. Самки черные короткокрылые х самцы серые длиннокрылые,

самки F1 х самцы: черные короткокрылые

Fa: 360 – серых длиннокрылых;

103 – черных длиннокрылых;

97 – серых короткокрылых;

314 – черных короткокрылых (всего 874).

Как наследуются признаки? Определите генотип исходных мух, генотип и фенотип самок первого поколения в обоих скрещиваниях. Чем объяснить различие между скрещиваниями?

303. У дрозофилы гены "срезанные крылья" и "гранатовые глаза" сцеплены. Доминантные аллели обуславливают развитие нормальных крыльев и красных глаз. В опыте получено в F2:

самок: 106 дикого типа и 98 со срезанными крыльями;  
самцов: 26 дикого типа, 77 с гранатовыми глазами, 75 со срезанными крыльями, 22 со срезанными крыльями и гранатовыми глазами.

В половой хромосоме или аутосоме располагаются эти гены? Определите генотип родителей и расстояние между генами.

304. Шесть петухов, гетерозиготных по сцепленным с полом генам карликовости (*a*) и серебристости (*B*), скрещивали с нормальными золотистыми курами. Всех петушков от этого скрещивания выбраковали, а курочек в возрасте пяти месяцев классифицировали следующим образом:

Курочки F1 от петухов	1, 3, 4	2, 5, 6
нормальные золотистые	153	12
карликовые серебристые	137	15
нормальные серебристые	13	164
карликовые золотистые	11	174

Чем Вы объясните различие в результатах скрещиваний? Какова сила сцепления между генами *a* и *B*? Почему анализировали только курочек?

305. Скрещивали самок дрозофилы с серым телом и нормальными щетинками с самцами с желтым телом и расщепленными щетинками. В F1 самки и самцы имели серое тело и нормальные щетинки. В реципрокном скрещивании в F1 наблюдалось крисс-кросс наследование, а в F2 только 3% от всех потомков имели серое тело и расщепленные щетинки или желтое тело и нормальные щетинки. Как объяснить полученный результат? Как наследуются признаки? Каков генотип исходных форм?

306. Дигетерозиготных медленно оперяющихся петухов с серебристым окрасом скрестили с быстро оперяющимися золотистыми курами. Результаты этих скрещиваний приведены ниже:

Фенотип F1				
Петухи	Медленно оперяющиеся серебристые	Медленно оперяющиеся золотистые	Быстро оперяющиеся серебристые	Быстро оперяющиеся золотистые
Петухи, получившие оба доминантных гена от одного родителя	70	28	21	59
Петухи, получившие доминантные гены от разных родителей	12	24	26	9

Как наследуются признаки? Объясните результаты скрещиваний и разницу между ними.

307. У дрозофилы рецессивный ген *cut* (*ct*), обуславливающий вырезки на крыльях, и рецессивный ген *tan* (*t*), обуславливающий темную окраску тела, расположены в X хромосоме. Ответьте на следующие вопросы:

а) можно ли установить расстояние между этими генами, скрещивая гетерозиготную по обоим генам самку с самцом, рецессивным по этим признакам? Каким образом?

б) можно ли установить расстояние между этими генами, скрещивая эту же самку с самцом, доминантным по обоим признакам? Каким образом?

308. У человека рецессивный ген *c* обуславливает цветовую слепоту (протонапию), а рецессивный ген *d* – мышечную дистрофию типа Дюшена. Оба признака наследуются сцепленно с полом. По родословной одной многодетной семьи были получены следующие данные: здоровая женщина с нормальным зре-

нием, отец которой страдал мышечной дистрофией, а мать – нарушением цветового зрения, вышла замуж за здорового мужчину с нормальным цветовым зрением. От этого брака родилось 8 мальчиков и 3 девочки. Из них 3 девочки и один мальчик были здоровы и имели нормальное зрение. Из остальных семи мальчиков 3 страдали мышечной дистрофией, 3 – цветовой слепотой и 1 – обоими заболеваниями. По этим данным была дана приблизительная (ввиду малочисленности материала) оценка расстояния между генами *c* и *d*. Укажите это расстояние.

309. Материнское растение кукурузы обладает рецессивными признаками неокрашенности, морщинистости и восковидности зерен. Отцовское же растение гетерозиготно по каждому из этих признаков и зерна у него окрашенные, гладкие, крахмалистые. Потомство от этого скрещивания оказалось следующим (в процентах): окрашенных морщинистых крахмалистых – 41, окрашенных морщинистых восковидных – 9, окрашенных гладких восковидных – 1, бесцветных гладких восковидных – 39, бесцветных гладких крахмалистых – 8, бесцветных морщинистых крахмалистых – 2. Как наследуются эти признаки?

310. Гены *B* и *C* сцеплены, и кроссинговер между ними составляет 40%. Ген *A* расположен в другой хромосоме и наследуется независимо от генов *B* и *C*. Определите пропорцию всех гамет, образуемых тригетерозиготой:

$$\frac{A}{a} \frac{BC}{bc}$$

311. Допустим, что гены *A* и *B* сцеплены и перекрест между ними составляет 10%, а ген *C* находится в другой группе сцепления. Какие гаметы, и в каких соотношениях будут образовывать гетерозиготы:

$$\frac{AB}{ab} \frac{C}{c} ? \frac{Ab}{aB} \frac{C}{c} ?$$

312. У кукурузы сморщенность листьев, карликовость растений и глянцеvitость всходов контролируется тремя рецессивными генами (*a*, *b*, *c*). В анализирующем скрещивании тригетерозиготы было получено следующее расщепление: ABC – 522, ABc

– 533, AbC – 113, Abc – 117, aBC – 120, aBc – 112, abC – 537, abc – 530 (всего 2584 растения). Объясните расщепление, определите генотипы гетерозиготных растений.

313. При скрещивании гомозиготных стелющихся опушенных белоцветковых растений гороха с гомозиготными кустистыми голыми растениями, обладающими окрашенными цветками, все растения F1 оказываются стелющимися, опушенными и имеют окрашенные цветки. При скрещивании такого растения с кустистым голым и белоцветковым растением в потомстве обнаружилось:

- 63 – стелющихся опушенных окрашенных,
- 207 – стелющихся опушенных белых,
- 65 – стелющихся голых окрашенных,
- 210 – стелющихся голых белых,
- 67 – кустистых опушенных белых,
- 213 – кустистых опушенных окрашенных,
- 70 – кустистых голых белых,
- 208 – кустистых голых окрашенных.

Как наследуются эти признаки? Если независимо, то докажите это статистически, если сцепленно, то определите силу сцепления и расположите гены в хромосоме.

314. Гены *A*, *B*, *C* сцеплены. Между генами *A* и *B* – 30% кроссинговера, между генами *B* и *C* – 20% кроссинговера. Что получится от скрещивания гомозиготы *ABC* с гомозиготой *abc* и при скрещивании полученных гибридов F1 с исходной рецессивной гомозиготой?

315. Гены *A*, *B*, *C* сцеплены. Между генами *A* и *B* – 20% кроссинговера, между генами *B* и *C* – 10% кроссинговера. Скрещивали гомозиготы *ABC* и *abc* между собой. Какие гаметы образует гибрид, и с какой частотой? Каково соотношение фенотипов потомков от скрещивания гибрида F1 с рецессивной гомозиготой? Какие будут двойными кроссоверами?

316. Скрещивают две породы кроликов: у одной из них кролики имеют черную шерсть нормальной длины и белый жир, у другой – коричневую короткую шерсть и желтый жир. У гибридов шерсть черная нормальной длины и белый жир. В анализи-

рующем скрещивании получилось расщепление, которое приведено в таблице.

Признаки			Количество особей
Длина шерсти	Окраска жира	Окраска шерсти	
нормальная	белая	черная	44
короткая	желтая	черная	19
нормальная	желтая	черная	20
короткая	белая	черная	45
нормальная	желтая	коричневая	43
нормальная	белая	коричневая	18
короткая	желтая	коричневая	44
короткая	белая	коричневая	17

Определите, как наследуются признаки.

317. Допустим, что три гена  $A$ ,  $B$ ,  $C$  сцеплены, расстояние между  $A$  и  $B$  равно 5%,  $B$  и  $C$  – 10%. Ген  $D$  находится в другой хромосоме. Определите типы и соотношение гамет, образуемых особью:

$$\frac{ABC}{abc} \frac{D}{d}$$

если коэффициент коинциденции равен 1,0.

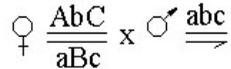
318. Гены  $A$ ,  $B$ ,  $C$  сцеплены. Между генами  $A$  и  $B$  – 8% кроссинговера, между генами  $B$  и  $C$  – 10% кроссинговера. Коэффициент коинциденции равен 0,6. Каково ожидаемое соотношение фенотипов в потомстве анализирующего скрещивания растения с генотипом  $ABc/abC$ ?

319. Гены в половой хромосоме дрозофилы расположены в следующих локусах:  $a$  – 1,5,  $b$  – 10,5 и  $c$  – 23,5. Коинциденция равна 0,2. Рассчитайте частоты разных фенотипов на 1000 мух в скрещивании:

$$\text{♀} \frac{ABC}{abc} \times \text{♂} \frac{abc}{\underline{\hspace{1cm}}}$$

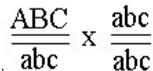
320. Гены в половой хромосоме дрозофилы расположены в следующих локусах:  $a$  – 21,  $b$  – 31,  $c$  – 44. Коинциденция равна

0,2. Рассчитайте частоты разных фенотипов на 100 мух в скрещивании:



321. Три гена  $A$ ,  $B$ ,  $C$  сцеплены. Между генами  $A$  и  $B$  – 8% кроссинговера, между генами  $B$  и  $C$  – 25%. Определить расстояние между генами  $A$  и  $C$ .

322. Гены  $a$ ,  $b$  и  $c$  сцеплены в заданном порядке. Если расстояние между  $a$  и  $b$  20%, между  $b$  и  $c$  – 10%, а двойного кроссинговера внутри пар нет, то с какой частотой появятся разные фенотипы в скрещивании:



Коинциденция составляет 1,0; 0,5 и 0,0?

323. Гены  $E$ ,  $D$ ,  $L$ ,  $M$ ,  $H$  находятся соответственно на 17,2; 18,9; 30,1; 35; 39,8 морганиде генетической карты. С какой частотой происходит кроссинговер между генами  $M$  и  $D$ ?

324. Кастрл в опыте на крысах обнаружил, что расстояние между генами  $Cu$  и  $s$  равно 43,5%, между  $Cu$  и  $b$  – 45,2%, между  $s$  и  $b$  – 7%. Начертите карту. Соблюдается ли в этом случае закон аддитивности? Если нет, то почему? Какие данные нужно иметь, чтобы более точно определить расстояние между генами  $Cu$  и  $b$ ?

325. Расстояние между генами  $A$  и  $B$  – 2%,  $B$  и  $D$  – 2%,  $D$  и  $E$  – 5%,  $A$  и  $D$  – 4%,  $B$  и  $E$  – 6%,  $A$  и  $E$  – 10%. Постройте генетическую карту.

326. У кукурузы позеленение проростков, глянецвитость и варьирующая стерильность обусловлены тремя рецессивными генами ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ). В анализирующем скрещивании тригетерозиготы были получены следующие результаты:  $ABC$  – 235,  $Abc$  – 40,  $AbC$  – 7,  $Abc$  – 62,  $aBC$  – 60,  $aBc$  – 4,  $abC$  – 48,  $abc$  – 270 (всего 726). Определите генотип гетерозиготы. Если гены сцеплены, то определите расстояние между ними и порядок их расположения в хромосоме. Проверьте, есть ли интерференция.

327. Приведены результаты анализирующего скрещивания дрозофилы. Определите генотип гетерозиготного родителя, порядок генов и расстояние между ними; рассчитайте коинциденцию:

$$\begin{array}{ll}
 ec + ct - 2125; & + cv ct - 223; \\
 + + ct - 265; & + cv + - 2207; \\
 ec cv ct - 3; & ec + + - 217; \\
 ec cv + - 273; & + + + - 5.
 \end{array}$$

328. У дрозофилы известны мутации, определяющие темную окраску тела (*b*), изогнутые крылья (*c*), пурпурную окраску глаз (*pr*), пятно в основании крыла (*sp*), звездчатые глаза (*s*) и редуцированные крылья (*vg*). Проводились анализирующие скрещивания мух, различающихся двумя парами признаков, при этом были получены следующие результаты:

Исследуемые мутации	Число потомков	Из них рекомбинантов
<i>b - c</i>	62679	14237
<i>b - pr</i>	48931	3026
<i>b - sp</i>	685	326
<i>b - s</i>	16507	6250
<i>b - vg</i>	20153	3578
<i>c - pr</i>	51136	10205
<i>c - sp</i>	10042	3037
<i>c - s</i>	19870	9123
<i>c - vg</i>	1720	141
<i>pr - sp</i>	11985	5474
<i>pr - s</i>	8155	3561
<i>pr - vg</i>	13601	1609
<i>sp - s</i>	7135	3448
<i>sp - vg</i>	2054	738
<i>s - vg</i>	450	195

Локализируйте эти гены относительно друг друга. Сравните полученные Вами величины с генетической картой. Подумайте, за счет чего Ваши цифры расходятся с генетической картой. С помощью каких скрещиваний локализацию генов можно провести более точно?

329. У томатов известны следующие пары признаков: плод округлый (*O*) и плоский (*o*), опушенный (*p*) и неопушенный (*P*), цветки одиночные (*S*) и собранные в соцветие (*s*). Все три гена находятся во второй хромосоме. На основании результатов анализирующего скрещивания определите порядок генов и расстояние между ними, фенотипы исходных растений.

OPS – 73	oPS – 110
OPs – 348	oPs – 2
OpS – 2	opS – 306
Ops – 96	ops – 63

Определите, имеется ли в данном случае интерференция, и если есть, оцените ее количественно.

330. Самка дрозофилы, гетерозиготная по сцепленным с полом рецессивным генам *a*, *b* и *c*, скрещена с самцом, который имеет все 3 рецессивных гена. Получены следующие потомки: +++ – 390; abc – 360; a++ – 42; +bc – 32; ab+ – 30; ++c – 34; a+c – 2; +b+ – 3. Если ген *a* занимает на карте локус 0, то определите локусы генов *b* и *c*.

331. Скрещивали самок дрозофил белоглазых с вильчатыми щетинками и уменьшенными крыльями с самцами красноглазых с нормальными щетинками и нормальными крыльями. Самок F1 красноглазых с нормальными щетинками и нормальными крыльями скрещивали с самцами белоглазыми с вильчатыми щетинками и уменьшенными крыльями. В результате было получено потомство: 138 красноглазых с вильчатыми щетинками нормальными крыльями, 262 красноглазых с вильчатыми щетинками уменьшенными крыльями, 542 красноглазых с нормальными щетинками нормальными крыльями, 68 красноглазых нормальными щетинками уменьшенными крыльями, 64 белоглазых с вильчатыми щетинками нормальными крыльями, 530 белоглазых с вильчатыми щетинками уменьшенными крыльями, 266 белоглазых с нормальными щетинками нормальными крыльями, 130 белоглазых с нормальными щетинками уменьшенными крыльями (всего 2000). Как наследуются признаки? Определите генотип исходных форм. Если гены сцеплены, определите силу сцепления

между ними, порядок расположения их в хромосоме. Есть ли интерференция?

332. Самки дрозофил с желтым телом киноварными глазами и обрезанными крыльями скрещивали с самцами серыми красноглазыми и нормальными крыльями. Гибридных самок, имеющих красные глаза серое тело и нормальные крылья, скрещивали с самцами с желтым телом киноварными глазами и обрезанными крыльями. Получили расщепление: 1781 серых красноглазых с нормальными крыльями, 53 серых красноглазых с обрезанными крыльями, 296 серых с киноварными глазами нормальными крыльями, 470 серых с киноварными глазами и с обрезанными крыльями, 442 желтых красноглазых с нормальными крыльями, 265 желтых красноглазых с обрезанными крыльями, 48 желтых с киноварными глазами и нормальными крыльями, 1712 желтых с киноварными глазами и обрезанными крыльями (всего 5067 особей). Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных мух и гибридов F<sub>1</sub>. Если гены сцеплены, определите расстояние между ними и порядок расположения их в хромосоме. Есть ли интерференция?

333. У томатов опушенность стебля доминирует над неопушенностью, узловатость над гладкостебельностью, устойчивость над чувствительностью к *Cladosporium*. Скрещивали гомозиготные опушенные узловатые и чувствительные растения томатов с неопушенными, гладкостебельными и устойчивыми. В анализирующем скрещивании гибридов F<sub>1</sub> было получено следующее расщепление: 342 опушенных узловатых чувствительных, 80 опушенных узловатых устойчивых, 11 опушенных гладких чувствительных, 84 опушенных гладких устойчивых, 78 неопушенных узловатых чувствительных, 7 неопушенных узловатых устойчивых, 72 неопушенных гладких чувствительных, 326 неопушенных гладких устойчивых (всего 1000). Каков характер наследования признаков? Если гены сцеплены, то определите расстояние между ними и порядок их расположения в хромосоме.

334. Скрещивали растение китайской примулы с коротким пестиком, фуксиновыми цветками и зеленым рыльцем с растением, имеющим длинный пестик, красные цветки и красное рыльце.

Гибриды F1 имели короткий пестик, фуксиновые цветки и зеленое рыльце. При скрещивании гибридов с растением, имеющим длинный пестик, красные цветки и красное рыльце, было получено следующее потомство: 1063 имели короткий пестик, фуксиновые цветки и зеленое рыльце; 634 – короткий пестик, фуксиновые цветки, красное рыльце; 39 – короткий пестик, красные цветки, зеленое рыльце; 156 – короткий пестик, красные цветки, красное рыльце; 180 – длинный пестик, фуксиновые цветки, зеленое рыльце; 54 – длинный пестик, фуксиновые цветки, красное рыльце; 526 – длинный пестик, красные цветки, красное рыльце; 1032 – длинный пестик, красные цветки, красное рыльце (всего 3684). Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных форм и F1. Если гены сцеплены, определите расстояние между ними и порядок расположения их в хромосоме.

335. Проведите генанализ результатов двух анализирующих скрещиваний разных тригетерозигот:

Фенотип Fa	Количество потомков тригетерозигот	
	1	2
ABC	255	84
ABc	20	76
AbC	128	82
Abc	124	78
aBC	136	86
aBc	140	74
abC	28	82
abc	266	80
Всего	1097	642

336. Проведите генетический анализ результатов анализирующего скрещивания тригетерозиготы  $AaBbCc$ :

Фенотип Fa	Количество	Фенотип Fa	Количество
abc	2	Abc	136
abC	4	AbC	92
aBc	96	ABc	6
aBC	144	ABC	2
Всего: 482			

337. Проведите генетический анализ результатов анализирующего скрещивания тригетерозиготы  $AaBbCc$ :

$ABc - 328$	$aBC - 4$
$AbC - 4$	$aBc - 6$
$Abc - 2$	$abC - 344$
Всего: 688	

338. Проведите генетический анализ результатов анализирующего скрещивания тригетерозиготы  $AaBbCc$ :

$ABC - 71$	$aBC - 18$
$ABc - 3$	$aBc - 11$
$AbC - 14$	$abC - 2$
$Abc - 17$	$abc - 64$
Всего: 200	

339. Проведите генанализ результатов двух анализирующих скрещиваний тригетерозигот:

Фенотип Fa	Количество потомков тригетерозигот	
	1	2
ABC	126	-
ABc	10	164
AbC	64	2
Abc	62	1
aBC	68	2
aBc	70	3
abC	14	172
abc	133	-
Всего:	547	344

340. Имеются три линии дрозофилы –  $y$ ,  $w$  и  $e$ . Выведите линию, маркированную этими тремя генами одновременно. Проще или труднее будет вывести линии " $y w ct$ " и " $e b st$ "? Учтите, что самка может быть использована в скрещивании только один раз, а самец – многократно. Родителей можно сохранять до того момента, когда вылетят мухи следующего поколения.

341. Проведите генанализ результатов двух анализирующих скрещиваний разных тригетерозигот:

Фенотип Fa	Количество потомков тригетерозигот	
	1	2
ABC	42	-
ABc	38	3
AbC	41	46
Abc	39	68
aBC	43	72
aBc	37	48
abC	41	2
abc	40	1
Всего:	321	240

342. Проведите генанализ результатов двух анализирующих скрещиваний тригетерозигот:

Фенотип Fa	Количество потомков тригетерозигот	
	1	2
ABC	1270	64
ABc	70	28
AbC	42	3
Abc	58	-
aBC	55	-
aBc	42	-
abC	60	30
abc	1275	72
Всего:	2872	197

343. Скрещивают две линии дрозофилы: в одной линии мухи имеют редуцированные крылья, красные глаза, нормальные щетинки, а в другой – нормальные крылья, коричневые глаза, щетинки у мух отсутствуют. В F1 все мухи с нормальными крыльями, красными глазами и со щетинками; в F2 получилось расщепление: мух с нормальными крыльями, красными глазами и с щетинками – 125; с нормальными крыльями, красными глазами, без щетинок – 41; с нормальными крыльями, коричневыми глазами, без щетинок – 19; с нормальными крыльями, коричневыми глазами, со щетинками – 62; с редуцированными крыльями, красными глазами, со щетинками – 58; с редуцированными крыльями, крас-

ными глазами, без щетинок – 22. Объясните полученные результаты. Не забудьте, что у самцов дрозофилы кроссинговер не идет.

344. При скрещивании белоглазой самки дрозофилы, имевшей желтое тело и длинные крылья, с красноглазым самцом с серым телом и зачаточными крыльями в F1 получили 68 самок с красными глазами, серым телом и длинными крыльями и 64 белоглазых самца с желтым телом и длинными крыльями, а в F2 получили следующее расщепление:

Фенотип F2	самцы	самки
красные глаза, серое тело, длинные крылья	75	92
красные глаза, серое тело, зачаточные крылья	27	20
красные глаза, желтое тело, длинные крылья	2	-
белые глаза, желтое тело, длинные крылья	70	75
белые глаза, желтое тело, зачаточные крылья	21	28
белые глаза, серое тело, зачаточные крылья	1	-
Всего:	196	215

В F1 обратного скрещивания все самки и самцы имели одинаковый фенотип: красные глаза, серое тело и длинные крылья. Определите генотипы исходных форм и гибридов F1. Как наследуются признаки? Если они сцеплены, определите расстояние между генами и порядок их расположения.

345. В F2 у дрозофилы произошло расщепление:

Фенотип F2	Количество потомков	
	самки	самцы
ABC	248	2
ABc	0	37
AbC	0	28
Abc	0	171
aBC	252	190
aBc	0	26
abC	0	42
abc	0	4
Всего:	500	500

Определите генотипы родителей, расположение генов и расстояние между ними.

346. Ген сливовой окраски глаз у дрозофилы (*pr*) был отнесен к первой группе сцепления. Для локализации этого гена взята линия *bi snδ*, *bi* – изрезанное крыло (локус 7,0), *sn* – опаленные щетинки (локус 21,0).

Расщепление среди самцов в F2 приведено в таблице.

Признаки			Количество особей
Глаза	Крылья	Щетинки	
сливовые	нормальные	прямые	401
сливовые	нормальные	опаленные	71
сливовые	изрезанные	опаленные	28
сливовые	изрезанные	прямые	4
красные	изрезанные	прямые	59
красные	изрезанные	опаленные	422
красные	нормальные	опаленные	6
красные	нормальные	прямые	24

Определите локус гена *pr*.

347. Проведите генанализ результатов четырех анализирующих скрещиваний тригетерозигот *AaBbCc*:

Фенотип Fa	Количество потомков тригетерозигот №			
	1	2	3	4
ABC	151	19	71	29
ABc	290	40	0	235
AbC	37	289	14	27
Abc	20	150	17	210
aBC	21	148	18	239
aBc	39	291	11	24
abC	288	37	2	215
abc	147	21	64	21
Всего:	993	995	197	1000

Объясните расщепления. Определите генотип исходных форм. Если гены сцеплены, определите расстояния и порядок расположения генов в хромосоме. Есть ли интерференция?

348. Проведено анализирующее скрещивание пяти организмов, гетерозиготных по трем генам.

Фенотипический радикал Fa	Количество потомков тригетерозигот №				
	1	2	3	4	5
+++	317	1	30	40	305
++c	58	4	6	232	0
+b+	10	31	339	84	28
+bc	2	77	137	201	107
a++	0	77	142	194	124
a+c	21	31	291	77	30
ab+	72	4	3	235	1
abc	203	1	34	46	265

По приведенным расщеплениям определите, одинаковые или разные генотипы у гетерозигот. Что можно сказать о характере наследования признаков?

349. На основании результатов 1 и 2 скрещиваний (Fa) установить порядок четырех генов, расстояние между ними и генотип гетерозиготных родителей:

Скрещивание 1		Скрещивание 2	
Фенотип Fa	Количество потомков	Фенотип Fa	Количество потомков
ABC	669	bcd	8
abC	139	bCD	441
aBC	3	bCd	90
ABc	121	Bcd	376
Abc	2	BCD	14
aBc	2280	BCd	153
abc	658	BcD	64
AbC	2215	bcD	141

350. Гены дрозофилы: *b* – *black*, *cu* – *curved*, *pr* – *purple*, *sp* – *speck*, *S* – *Star*, *vg* – *vestigial* сцеплены и расположены во второй хромосоме. Постройте генетическую карту на основании процента кроссоверных мух, обнаруженных в потомстве анализирующих скрещиваний гетерозигот по разным сочетаниям мутантных аллелей этих генов.

Гены	Всего мух	Кроссоверов, %
<i>S</i> - <i>vg</i>	450	43,0
<i>b</i> - <i>cu</i>	62679	22,7
<i>b</i> - <i>pr</i>	48931	6,2
<i>b</i> - <i>sp</i>	685	47,0
<i>b</i> - <i>S</i>	16507	37,0
<i>b</i> - <i>vg</i>	20153	17,0
<i>cu</i> - <i>pr</i>	51136	20,0
<i>cu</i> - <i>sp</i>	10042	30,0
<i>cu</i> - <i>S</i>	19870	46,0
<i>cu</i> - <i>vg</i>	1720	8,2
<i>pr</i> - <i>sp</i>	11985	46,0
<i>pr</i> - <i>S</i>	8155	43,0
<i>pr</i> - <i>vg</i>	13601	12,0
<i>sp</i> - <i>S</i>	7135	48,0
<i>sp</i> - <i>vg</i>	2054	36,0

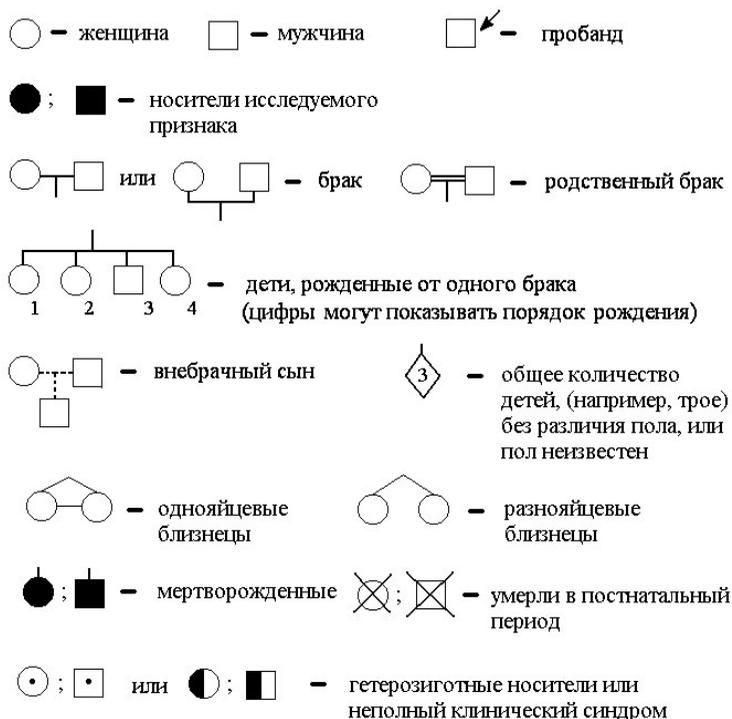
С какой целью в приведенной таблице указываются объемы выборок проанализированных мух?. Помните, что определение на коротких расстояниях точнее, чем на длинных.

## 6. АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ

Не все методы генетики применимы к анализу наследования тех или иных признаков у человека. Так, не приложим к человеку классический генетический метод – метод скрещиваний. Однако информацию о характере генетического контроля признака может дать анализ фенотипов нескольких поколений родственников, т.е. анализ родословных. Составление и анализ родословных представляют собой суть *генеалогического* метода – одного из важнейших методов в антропогенетике, а также в генетике других биологических видов, у которых использование гибридологического метода по каким-либо причинам малоэффективно. Генеалогический метод позволяет также определить вероятность проявления и степень риска для потомства по тому или иному заболеванию или иному патологическому признаку, т.е. служит основой и для проведения медико-генетических консультаций.

Составление родословных имеет свои правила. Лицо, по отношению к которому составляется родословная, называется *пробандом*. На рисунке пробанд указывается стрелкой. Братья и сестры называются *сибсами*, например, родные сибсы, двоюродные сибсы (полусибсы) и т.д. Условные обозначения, принятые при составлении родословных приведены ниже на рисунке. Каждое поколение исследуемых индивидуумов располагается на одной линии. Следует отметить, что в некоторых семьях может встретиться несколько наследственных дефектов. В этом случае условные обозначения наследуемых свойств приходится изменять и дополнять в соответствии с числом анализируемых признаков (каждый признак, аномалию или заболевание обозначают своим условным знаком, например, штриховкой разного вида).

Основные символы, принятые при составлении родословных:





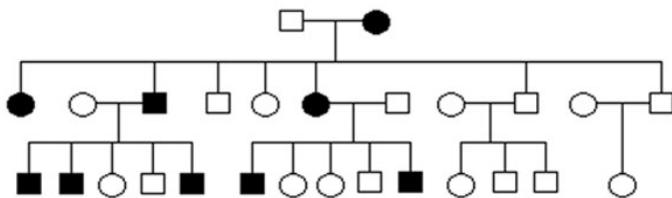


Рис. 3. Родословная семьи с полидактилией

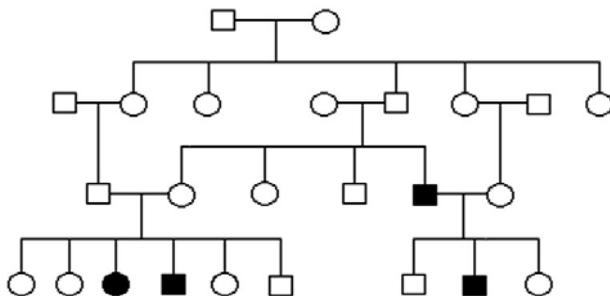


Рис. 4. Родословная семьи с мускульной атрофией

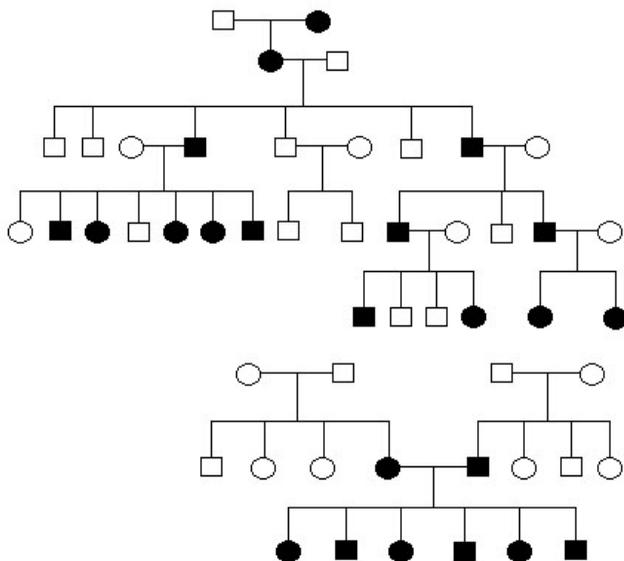


Рис. 5. Родословные двух семей с неизвестным признаком

353. В четырех родословных человека показано наследование доминантных и рецессивных признаков (рис.6).

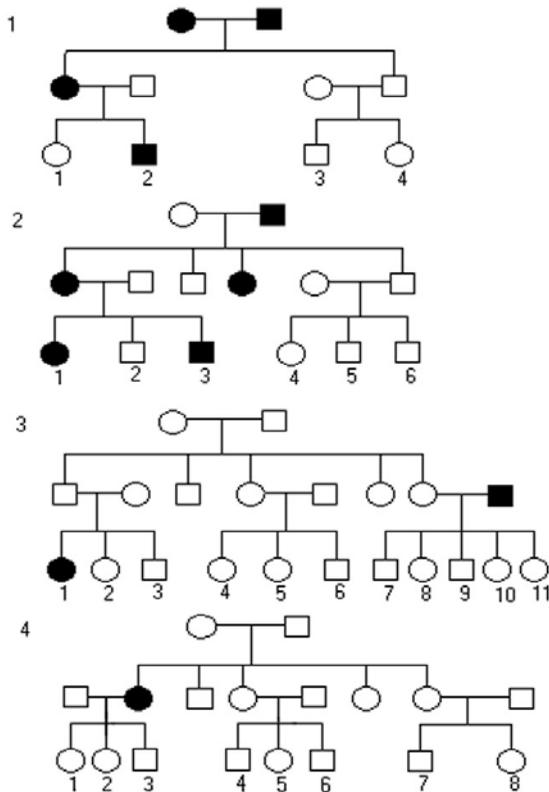


Рис. 6. Родословные четырех семей с доминантными и рецессивными признаками

Допустим, скрещиваемые особи не имеют детей и единственным указанием на их генотип является характер распределения признака в представленной родословной. Допустим также, что посторонние особи, вступающие в брак с представителями данной семьи и не проявляющие рецессивного признака, не несут обуславливающих его рецессивных генов.

Вычислите вероятность проявления признака в потомстве различных скрещиваний:

1. В родословной 1 (с доминантным признаком) – особей 1 и 3; 2 и 4;
2. В родословной 2 (с доминантным признаком) – особей 1 и 5; 2 и 4;
3. В родословной 3 (с рецессивным признаком) – особей 1 и 6; 3 и 4; 1 и 7; 2 и 9; 6 и 11;
4. В родословной 4 (с рецессивным признаком) – особей 1 и 7; 2 и 4; 6 и 8.

354. Составьте родословную семьи со случаем диабета. Здоровые муж и жена (двоюродные сибсы) имеют больного ребенка. Мать мужа и отец жены (родные сибсы) здоровы. Брат мужа, две сестры жены, общий дядя супругов и бабка здоровы. Дед страдал диабетом. Все родственники со стороны отца мужа (два дяди, двоюродная сестра, дед и бабка) и матери жены (тетка, двоюродный брат, дед и бабка) здоровы. Определите характер наследования болезни и отметьте тех членов семьи, гетерозиготность которых по гену диабета не вызывает сомнения.

355. Составьте родословную семьи со случаем шизофрении. Пробанд – больная шизофренией женщина. Ее брат, сестра и отец здоровы. Со стороны отца имеются следующие родственники: дядя, больной шизофренией, и две тетки – здоровые. Одна из теток имеет трех здоровых детей, вторая – здорового сына. Дед и бабка со стороны отца здоровы; сестра бабки болела шизофренией. Мать пробанда, дядя, дед и бабка с материнской стороны здоровы; у дяди два здоровых ребенка. Определите характер наследования болезни и укажите генотипы возможно большего числа лиц.

356. Составьте родословную семьи с редким заболеванием эпилоией, которое детерминируется геном с летальным действием. Большинство лиц с врожденной эпилоией (паталогическое разрастание кожи, умственная отсталость, судорожные припадки, наличие опухолей сердца, почек и других органов) погибает, не достигнув половой зрелости. При слабой выраженности синдрома некоторые из таких больных выживают и дают потомство. Пробанд – женщина, страдающая эпилоией, -в браке со здоровым мужчиной имела троих детей: здоровых сына и дочь и больную

дочь, у которой впоследствии родилось пятеро детей: здоровые два сына и две дочери и одна дочь с эпилепсией. Установлено, что у этой больной женщины – дочери пробанда – было два мертворожденных ребенка. Определите, каким геном, доминантным или рецессивным, детерминируется это заболевание и как можно объяснить различный эффект этого гена.

357. Составьте родословную семьи по короткопалости и определите характер наследования этого признака и генотипы указанных в родословной лиц. Пробанд – женщина с короткопалостью имеет трех здоровых братьев и одну здоровую сестру. Отец пробанда короткопалый. Со стороны отца дядя и одна тетка короткопалые, а вторая имеет нормальную кисть. У дяди из десяти детей семеро с короткопалой кистью (три сына и четыре дочери), а один сын и две дочери с нормальной кистью. Бабка по отцу была короткопалой, а все родственники по матери нормальные.

358. Пробанд страдает ночной слепотой. Его два брата также больны. По линии отца пробанда страдающих ночной слепотой не было. Мать пробанда больна. Две сестры и два брата матери пробанда здоровы. Они имеют только здоровых детей. По материнской линии дальше известно, что бабушка больна, дедушка здоров; сестра бабушки больна, а брат здоров, прадедушка (отец бабушки) страдал ночной слепотой, сестра и брат прадедушки были больны; прапрадедушка болен, его брат, имеющий больную дочь и двух больных сыновей, также болен. Жена пробанда, ее родители и родственники здоровы. Определите вероятность рождения больных детей в семье пробанда.

359. Пробанд имеет белую прядь в волосах надо лбом. Брат пробанда без пряди. По линии отца пробанда аномалии не отмечено. Мать пробанда с белой прядью. Она имеет трех сестер: две сестры с прядью и дочь без пряди. У второй – сын и дочь с прядью, и дочь без пряди. Третья тетка пробанда со стороны матери без пряди имеет двух сыновей и одну дочь без пряди. Дед пробанда по линии матери и двое его братьев имели белые локоны, а еще двое были без прядей. Прадед и прапрадед также имели белую прядь надо лбом. Определите вероятность рождения детей

с белой прядью надо лбом в случае, если пробанд вступит в брак со своей двоюродной сестрой, имеющей этот локон.

360. Молодожены нормально владеют правой рукой. В семье женщины было две сестры, нормально владеющие правой рукой, и три брата – левши. Мать женщины – правша, отец – левша. У отца есть сестра и брат – левши, и сестра и два брата – правши. Дед по линии отца – правша, бабушка – левша. У матери женщины есть два брата и сестра – все правши. Мать мужа – правша, отец – левша. Бабушки и дедушки со стороны матери и отца мужа нормально владеют правой рукой. Определите вероятность рождения в этой семье детей, владеющих левой рукой.

361. Пробанд – здоровая женщина – имеет двух здоровых братьев, больных алькаптонурией. Мать пробанда здорова и имеет двух здоровых братьев. Отец пробанда болен алькаптонурией и приходится двоюродным дядей своей жене. У него есть здоровый брат и здоровая сестра. Бабушка по линии отца была больной и состояла в браке со своим здоровым двоюродным братом. Бабушка и дедушка пробанда по линии матери здоровы, отец и мать деда также здоровы, при этом мать деда – родная сестра деда пробанда со стороны отца. Определите вероятность рождения больных алькаптонурией детей в семье пробанда при условии, что она выйдет замуж за здорового мужчину, мать которого страдала алькаптонурией.

362. Пробанд – нормальная женщина – имеет пять сестер, две из которых однояйцевые близнецы, две – двуяйцевые близнецы. Все сестры имеют шесть пальцев на руке. Мать пробанда нормальна, отец – шестипалый. Со стороны матери все предки нормальны. У отца два брата и четыре сестры – все пятипалые. Бабушка по линии отца шестипалая. У нее было две шестипалые сестры и одна пятипалая. Дедушка по линии отца и все его родственники нормально пятипалые. Определите вероятность рождения в семье пробанда шестипалых детей при условии, что она выйдет замуж за нормального мужчину.

363. Ш.Ауэрбах (1969) приводит такую родословную по шестипалости. Две шестипалых сестры Маргарет и Мэри вышли замуж за нормальных мужчин. В семье Маргарет было пятеро

детей: Джеймс, Сусанна и Дэвид были шестипальными, Элла и Ричард - пятипальными. В семье Мэри была единственная дочь Джейн с нормальным строением рук. От первого брака Джеймса с нормальной женщиной родилась шестипалая дочь Сара, от второго брака также с нормальной женщиной у него было шесть детей: одна дочь и два сына нормально пятипалые, две дочери и один сын – шестипалые. Элла вышла замуж за нормального мужчину. У них было два сына и четыре дочери – все пятипалые. Дэвид женился на нормальной женщине. Их единственный сын Чарльз оказался шестипальным. Ричард женился на своей двоюродной сестре Джейн. Две их дочери и три сына были пятипальными. Определите вероятность рождения шестипалых детей в случаях:

1) брака нормальной дочери Джеймса с одним из сыновей Ричарда.

2) брака Сары с сыном Дэвида.

364. Пробанд – здоровая женщина. Ее сестра также здорова, а два брата страдают дальтонизмом. Мать и отец пробанда здоровы. Четыре сестры матери пробанда здоровы, мужа их также здоровы. О двоюродных сибсах со стороны матери пробанда известно: в одной семье один больной брат, две сестры и брат здоровы; в двух других семьях по одному больному брату и по одной здоровой сестре; в четвертой семье – одна здоровая сестра. Бабушка пробанда со стороны матери здорова, дедушка страдал дальтонизмом. Со стороны отца пробанда больных дальтонизмом не отмечено. Определите вероятность рождения у пробанда больных дальтонизмом детей при условии, если она выйдет замуж за здорового мужчину.

365. Пробанд страдает легкой формой серповидноклеточной анемии. Его супруга здорова. Она имеет дочь также с легкой формой анемии. Мать и бабушка пробанда страдали этой же формой серповидноклеточной анемии, остальные сибсы матери и ее отец здоровы. У жены пробанда есть сестра, больная легкой формой анемии, вторая сестра умерла от анемии. Мать и отец жены пробанда страдали анемией, кроме того, известно, что у отца было два брата и сестра с легкой формой анемии, и что в семье сестры отца двое детей умерли от серповидноклеточной

анемии. Определите вероятность рождения детей с тяжелой формой анемии в семье дочери пробанда, если она выйдет замуж за такого же мужчину, как ее отец.

366. Пробанд и его пять братьей здоровы. Мать и отец пробанда глухонемые. Два дяди и тетка со стороны отца также глухонемые, со стороны матери четыре тетки и дядя здоровы и одна тетка и один дядя глухонемые. Бабушка и дедушка по отцу глухонемые. Бабушка по отцу имеет глухонемого брата и двух глухонемых сестер. Дедушка по отцу имеет двух братьев, один из которых здоров, другой глухонемой, и пять сестер, две из которых глухонемые. Мать и отец дедушки со стороны отца здоровы, мать и отец бабушки со стороны отца глухонемые. Определите вероятность рождения детей глухонемыми в семье пробанда, если он вступит в брак с нормальной в отношении глухонемоты женщиной, происходящей из благополучной по этому заболеванию семьи.

367. Пробанд здоров. Отец пробанда болен буллезным эпидермолизом. Мать и ее родственники здоровы. Две сестры пробанда здоровы, один брат болен. Три дяди со стороны отца и их дети здоровы, а три дяди и одна тетка – больны. У одного больного дяди от первого брака есть больной сын и здоровая дочь, а от второго брака – больные дочь и сын. У второго больного дяди есть две здоровые дочери и больной сын. У третьего больного дяди – два больных сына и две больные дочери. Бабушка по отцу больна, а дедушка здоров, здоровы были три сестры и два брата бабушки. Определите вероятность рождения больных детей в семье пробанда при условии, что он вступит в брак со здоровой женщиной.

368. Пробанд имеет нормальные по окраске зубы. У его сестры зубы коричневые. У матери пробанда зубы коричневые, у отца – нормальной окраски. Семь сестер матери пробанда с коричневыми зубами, а четыре брата – с нормальными. Одна тетя пробанда по линии матери, имеющая коричневые зубы, замужем за мужчиной с нормальными зубами. У них трое детей: дочь и сын с коричневыми зубами и дочь с нормальными. Два дяди пробанда по линии матери женаты на женщинах без аномалии в ок-

раске зубов. У одного из них два сына и дочь, у другого – две дочери и сын. Все они с нормальными зубами. Коричневые зубы имел дедушка пробанда по линии матери, а у бабушки по линии матери были нормальные зубы. Два брата дедушки по линии матери с нормальной окраской зубов. Прабабушка (мать деда по линии матери) и прапрабабушка (мать этой прабабушки) имели коричневые зубы, а их мужья были с нормальной окраской зубов. Определите, какие дети могут быть у пробанда, если он вступит в брак с женщиной, гетерозиготной по этому признаку.

369. Пробанд – больная мозжечковой атаксией женщина. Ее супруг здоров. У них шесть сыновей и три дочери. Один сын и одна дочь больны мозжечковой атаксией, остальные дети здоровы. Пробанд имеет здоровую сестру и трех больных братьев. Здоровая сестра замужем за здоровым мужчиной и имеет здоровую дочь. Три больных брата пробанда женаты на здоровых женщинах. В семье одного брата два здоровых сына и одна здоровая дочь, в семье второго брата здоровый сын и больная дочь, в семье третьего – два сына и три дочери – все здоровые. Отец пробанда болен, а мать здорова. Какова вероятность появления больных детей у больной дочери пробанда, если она выйдет замуж за здорового мужчину?

370. Пробанд болен врожденной катарактой. Он состоит в браке со здоровой женщиной и имеет больную дочь и здорового сына. Отец пробанда болен катарактой, а мать здорова. Мать пробанда имеет здоровую сестру и здоровых родителей. Дедушка по линии отца болен, а бабушка здорова. Пробанд имеет по линии отца здоровых тетю и дядю. Дядя женат на здоровой женщине. Их три сына (двоюродные братья пробанда по линии отца) здоровы. Какова вероятность появления в семье дочери пробанда больных внуков, если она выйдет замуж за гетерозиготного по катаракте этого типа мужчину?

371. Пробанд страдает дефектом ногтей и коленной чашечки, а его брат нормален. Этот синдром был у отца пробанда, а мать была здорова. Дедушка пробанда по линии отца с синдромом, а бабушка здорова. Отец пробанда имеет трех братьев и четырех сестер, из них два брата и две сестры с синдромом дефекта

ногтей и коленной чашечки. Больной дядя по линии отца женат на здоровой женщине и имеет двух дочерей и сына. Все они здоровы. Определите вероятность появления детей с заболеванием в семье пробанда, если его супруга не будет страдать дефектом ногтей и коленной чашечки?

372. В крови пробанда нормальный гемоглобин А заменен гемоглобином S и гемоглобином Гопкинс-2. У пробанда две сестры и два брата с гемоглобином S, один брат с гемоглобином Гопкинс-2 и один брат с гемоглобином S и гемоглобином Гопкинс-2 одновременно. Отец пробанда нормален по гемоглобину (гемоглобин А), а мать имеет одновременно гемоглобин S и гемоглобин Гопкинс-2. Мать пробанда, ее два брата и сестра имеют одинаковый гемоглобин; кроме них есть сестра с гемоглобином S и брат, гемоглобин которого не исследован. Бабушка пробанда по линии матери с гемоглобином S и гемоглобином Гопкинс-2 одновременно, а дедушка с нормальным гемоглобином. Неисследованный на гемоглобин дядя пробанда по линии матери был женат на женщине, имевшей гемоглобин S. Их две дочери имеют одновременно гемоглобин S и гемоглобин Гопкинс-2. Эти две двоюродные сестры пробанда замужем за мужчинами с нормальным гемоглобином. У одной из них девочка с нормальным гемоглобином и девочка с гемоглобином S и гемоглобином Гопкинс-2 одновременно, у другой два сына: один с гемоглобином S, другой с гемоглобином Гопкинс-2. Тетя пробанда по линии матери была замужем дважды. От первого брака с женщиной, гемоглобин которого не был исследован в связи с его смертью, она имеет дочь с гемоглобином Гопкинс-2. От второго брака с мужчиной, имеющим нормальный гемоглобин, у нее сын и дочь – оба с гемоглобином Гопкинс-2.

1. Определите характер наследования аномальных гемоглобинов.

2. Какова вероятность появления детей одновременно с обоими аномальными гемоглобинами в семье пробанда, если она вступит в брак с таким же по генотипу мужчиной?

373. У пробанда полидактилия. Отец его также многопалый, а мать с нормальным строением кисти. Дальнейшая родословная известна только по линии отца. У отца есть брат и сестра

с нормальным строением кисти и брат, и сестра многопалые. Многопалый дядя пробанда был дважды женат на женщинах с нормальным строением кисти. От одного брака у него была дочь с полидактилией, от второго брака было шестеро детей: две дочери и один сын с полидактилией и два сына и одна дочь с нормальным строением кисти. Тетя пробанда с нормальной кистью была замужем за мужчиной без анализируемой аномалии. У них было три мальчика и три девочки с нормальным строением кисти. Дедушка пробанда без аномалии, а бабушка многопалая. Какова вероятность рождения многопалых детей в семье пробанда, если он вступит в брак с женщиной, имеющей нормальное строение кисти?

374. Роза и Алла – родные сестры и обе, как и их родители, страдают ночной слепотой. У них есть еще сестра с нормальным зрением, а также сестра и брат, страдающие ночной слепотой. Роза и Алла вышли замуж за мужчин с нормальным зрением. У Аллы было две девочки и четыре мальчика, страдающих ночной слепотой. У Розы – два сына и дочь с нормальным зрением и еще один сын, страдающий ночной слепотой.

1. Определите генотипы Розы и Аллы, их родителей и детей.

2. Какова вероятность появления у Розы и Аллы внуков, страдающих ночной слепотой, при условии, что все их дети вступят в брак с лицами, нормальными в отношении зрения?

375. Пробанд нормального роста имеет сестру с ахондроплазией. Мать пробанда нормальна, а отец страдает ахондроплазией. По линии отца пробанд имеет двух нормальных теток, одну тетку с ахондроплазией и одного дядю с ахондроплазией. Тетя, имеющая ахондроплазию, замужем за здоровым мужчиной. У них есть сын карлик. Здоровая тетя от здорового мужа имеет двух мальчиков и двух девочек – все они здоровы. Дядя карлик женат на здоровой женщине. У него две нормальные девочки и сын карлик. Дедушка по линии отца карлик, а бабушка нормальна.

1. Определите вероятность появления карликов в семье пробанда, если его жена будет иметь такой же генотип, как он сам.

2. Какова вероятность появления карликов в семье сестры пробанда, если она вступит в брак со здоровым мужчиной?

376. Одна из форм рахита не излечивается обычными дозами витамина Д. Пробанд – юноша, страдающий этой формой рахита. Его сестра здорова. Мать пробанда больна рахитом, отец здоров. У матери пробанда было трое братьев – все здоровы. Дед пробанда по линии матери болен, бабушка здорова. Дед имел двух здоровых братьев и одного больного. У здоровых братьев деда от здоровых жен было пять здоровых сыновей (у одного четыре сына, у другого – один). У больного брата деда жена была здорова. У них было три больные дочери и два здоровых сына. У двух больных дочерей брата деда пробанда от здоровых мужей было по одной здоровой дочери. Еще у одной больной дочери брата деда пробанда, состоящей в браке со здоровым мужчиной, два сына, один из которых болен, и больная дочь. У здоровых сыновей брата деда пробанда жены здоровы, здоровы и их дети. Определите вероятность рождения больных рахитом детей в семье пробанда в случае, если он вступит в брак со своей больной троюродной сестрой.

377. Пробанд – здоровый юноша – имеет четверых братьев, больных мышечной дистрофией типа Дюшенна. Мать и отец пробанда здоровы. У матери пробанда две здоровые сестры, один здоровый брат и два брата, больные мышечной дистрофией. Бабушка и дедушка со стороны матери пробанда здоровы. У бабушки было три здоровые сестры, два здоровых брата и один брат, больной мышечной дистрофией. Все здоровые братья и сестры бабушки имели здоровых супругов. У обоих братьев было по пять детей – все девочки и мальчики здоровы. У одной из сестер бабушки был больной дистрофией сын, у второй сестры – три здоровых сына и одна здоровая дочь. Третья сестра бабушки выходила замуж несколько раз за здоровых мужчин. От первого брака у нее родился больной мышечной дистрофией сын, от второго брака – один здоровый сын, здоровая дочь и два больных дистрофией сына. Родители бабушки пробанда по линии матери были здоровы. Определите вероятность рождения больных детей в семье пробанда, если его супруга будет иметь такой же генотип, как мать пробанда.

378. Пробанд – юноша, страдающий ночной слепотой. У него сестра и брат с нормальным зрением. Мать пробанда имеет

пять братьев и одну сестру. У сестры матери нормальное зрение. Она состоит в браке с нормальным по зрению мужчиной и имеет сына с цветовой слепотой. Три брата матери страдают одновременно ночной и цветовой слепотой, один брат – только ночной слепотой и один брат – только цветовой слепотой. Бабка пробанда по линии матери имеет нормальное зрение и состоит в браке с нормальным по зрению мужчиной. У бабушки один брат с ночной слепотой и еще один брат и пять сестер с нормальным зрением. Все сестры бабушки замужем за мужчинами с нормальным зрением. У двух сестер бабушки по одному сыну, страдающих одновременно ночной и цветовой слепотой. У третьей сестры – два сына с цветовой слепотой и дочь с нормальным зрением, имеющая от брака с мужчиной с нормальным зрением сына тоже с нормальным зрением. У пятой сестры один сын с ночной слепотой и две дочери с нормальным зрением. Обе дочери пятой сестры замужем за нормальными в отношении зрения мужчинами и имеют по два сына с нормальным зрением. Прабабушка (мать бабушки со стороны матери пробанда) и ее супруг с нормальным зрением. Сестра прабабушки, также с нормальным зрением, была замужем за нормальным в отношении зрения мужчиной и имела дочь с нормальным зрением, от брака которой с нормальным мужчиной есть внук с цветовой слепотой и внучка с нормальным зрением. Родители прабабушки – с нормальным зрением.

1. Определите генотипы родителей прабабушки.

2. Какова вероятность рождения детей с нарушением зрения в семье пробанда при условии, если он вступит в брак с женщиной, происходящей из семьи, благополучной по анализируемым заболеваниям?

379. Пробанд – девушка, страдающая высокой (выше  $-5.0$ ) близорукостью. Ее брат страдает умеренной (от  $-2.0$  до  $-4.0$ ) близорукостью. Отец пробанда обладает нормальным зрением, мать страдала высокой близорукостью. У матери пробанда есть сестра с умеренной близорукостью. Муж сестры матери пробанда с нормальным зрением, а две их дочери с умеренной близорукостью. Муж сестры матери пробанда с нормальным зрением, а две их дочери с умеренной близорукостью. У мужа сестры матери пробанда есть брат и сестра с нормальным зрением, их родители

также с нормальным зрением. Бабушка пробанда по линии матери с умеренной близорукостью, ее муж (дед пробанда по линии матери) с высокой близорукостью. У бабушки пробанда по линии матери три брата с нормальным зрением. Мать бабушки пробанда по линии матери с умеренной близорукостью, а ее муж с нормальным зрением. У деда пробанда по линии матери было три брата: один с умеренной близорукостью, другой с высокой; о состоянии зрения третьего брата ничего неизвестно. Брат деда пробанда по линии матери, имеющий умеренную близорукость, женат на женщине с нормальным зрением. Другой брат деда пробанда по линии матери, имеющий высокую близорукость, женат на женщине с нормальным зрением. Отец деда пробанда по линии матери был с нормальным зрением, его жена с высокой близорукостью. Бабушка и дедушка по линии отца пробанда имели нормальное зрение, все их родственники и родители здоровы. Определите вероятность рождения детей близорукими и характер близорукости в семье пробанда, если она выйдет замуж за мужчину с таким же генотипом, каким обладала его мать.

380. Пробанд – юноша, страдающий глухотой. Его сестра с нормальным слухом. У матери пробанда пять сестер с нормальным слухом и один брат глухой. Три сестры матери пробанда замужем за здоровыми мужчинами. У одной сестры матери пробанда здоровая дочь, у второй – здоровый сын, у третьей здоровая дочь и глухой сын. Бабушка пробанда по линии матери здорова, ее муж здоров. У бабушки пробанда по линии матери три здоровые сестры, один здоровый и один глухой брат. Здоровые сестры бабушки по линии матери имели здоровых мужей, а здоровый брат женат на здоровой женщине. У первой сестры бабушки пробанда четыре здоровые дочери и один глухой сын. У второй сестры бабушки здоровая дочь и глухой сын. У третьей сестры бабушки здоровая дочь, один здоровый и один глухой сын. Отец и мать бабушки пробанда по линии матери здоровы. Определите вероятность рождения глухих детей в семье пробанда при условии, что его жена будет иметь такой же генотип, как мать пробанда.

381. Пробанд – девушка, имеющая нормальное строение пальцев. Ее мать и отец также с нормальным строением пальцев.

У отца пробанда есть сестра с брахидактилией и брат с нормальными пальцами. Тетя пробанда по линии отца, имеющая брахидактилию, состоит в браке с женщиной без анализируемой аномалии. Их сын с брахидактилией. Бабушка пробанда по линии отца с брахидактилией, дедушка без аномалии. У бабушки пробанда по линии отца была сестра тоже с брахидактилией. Прадедушка и прабабушка (отец и мать бабушки пробанда по линии отца) с брахидактилией. Прадедушка был женат дважды. Его вторая жена без брахидактилии. От второго брака у прадедушки было две дочери без аномалии и четыре сына с брахидактилией. Все дети прадедушки от второго брака были женаты или замужем за лицами, не имеющими аномалии. У одной его дочери было две девочки и мальчик без брахидактилии, у второй дочери – мальчик без аномалии, у одного сына – девочка с брахидактилией, у второго сына – одна нормальная девочка и две девочки – близнецы с брахидактилией, у двух остальных сыновей – по одному мальчику без аномалии. Определите вероятность рождения детей с аномалией в семье пробанда при условии, если она вступит в брак с таким же по генотипу мужчиной, как сама.

382. Пробанд – девушка с брахидактилией. У нее три брата и одна сестра с нормальным строением пальцев. Отец пробанда с брахидактилией, мать без аномалии. У отца пробанда брат с брахидактилией и две сестры, одна из них с нормальным строением пальцев, другая с брахидактилией. Брат отца пробанда женат на женщине без аномалии. У них четыре сына и шесть дочерей, из которых один сын и две дочери с нормальным строением пальцев, остальные с брахидактилией. Бабушка пробанда по линии отца с брахидактилией, дедушка без аномалии. У бабушки пробанда по линии отца было семь сестер и четыре брата, из них три сестры и один брат с нормальным строением пальцев, остальные с брахидактилией. Два брата и три сестры бабушки пробанда, страдавшие брахидактилией, имели супругов с нормальным строением пальцев. У одного брата бабушки пробанда было две дочери с брахидактилией, состоявшие в браке с мужчинами, имевшими нормальное строение пальцев. У первой дочери брата бабушки пробанда три сына с нормальным строением пальцев, один сын с брахидактилией, одна дочь с нормальным строением

пальцев и две дочери с брахидактилией. У второй дочери – два мальчика с аномалией и два с нормальным строением кисти, одна девочка с брахидактилией и одна с нормальным строением кисти. У другого брата бабушки пробанда по линии отца – дочь без аномалии и дочь с брахидактилией. Дочь одного брата бабушки пробанда с брахидактилией от мужа с нормальным строением пальцев имеет сына без аномалии и сына с брахидактилией. У одной сестры бабушки пробанда по линии отца было две дочери без аномалии. У второй сестры бабушки пробанда – сын без аномалии и две дочери с брахидактилией, одна из которых от брака с нормальным мужем имеет сына с нормальным строением пальцев. У третьей сестры бабушки пробанда по линии отца две дочери без аномалии и сын с брахидактилией, который от жены с нормальным строением пальцев имеет дочь, пораженную анализируемой аномалией, и дочь с нормальным строением пальцев. Прадед (отец бабушки пробанда по линии отца) с брахидактилией, его жена без аномалии. У этого прадеда было шесть братьев без аномалии и три сестры с брахидактилией. Мать прадеда с брахидактилией, отец без аномалии. Определите генотипы всех упомянутых в родословной лиц и подсчитайте соотношение здоровых и пораженных аномалией прямых потомков матери деда пробанда по линии отца. Сопоставьте это отношение с менделевским расщеплением.

## 7. ТЕТРАДНЫЙ АНАЛИЗ И МИТОТИЧЕСКИЙ КРОССИНГОВЕР

Под тетрадным анализом понимают анализ продуктов индивидуального мейоза. Его проведение возможно только у организмов, у которых способна развиваться гаплоидная особь (мхи) или у микроорганизмов, у которых продукты мейоза некоторое время остаются вместе в оболочке материнской клетки. В этом случае можно проанализировать расщепление, происходящее в каждом мейозе, учитывая генотипы спор в образовавшейся тетраде. Различают упорядоченные тетрады спор – аски, в которых споры лежат в том порядке, как происходило расхождение наборов хромосом в двух делениях созревания, и неупорядоченные, где расположение спор случайно и не отражает порядка расхождения

наборов. Тетрадный анализ наследования генов основан на определенном цитологическом механизме – механизме мейоза у диплоидов, при котором хромосомы двух наборов закономерно попарно конъюгируют, обмениваются участками, расходятся.

Расщепление в мейотическом потомстве – явление регулярное и закономерное. При митотическом делении гетерозигот также может происходить расщепление в результате обмена участками митотических хромосом. Явление это редкое, но, тем не менее, служит ценным инструментом для исследования генетической структуры организмов, у которых отсутствует половая стадия в жизненном цикле. Картирование при митотическом кроссинговере основывается на учете частоты выхода гена в гомозиготное состояние, что характеризует его расстояние от центromеры.

## ЗАДАЧИ

383. Изобразите порядок расположения спор в аске нейроспоры с генотипом  $AB/ab$  в случаях: 1) отсутствия перекреста на участке между генами и центromерой; 2) наличия перекреста между центromерой и геном; 3) наличия одного перекреста между генами  $A$  и  $B$ .

384. Скрещивали штаммы дрожжей-сахаромицетов:  
*a ade2 ade1 his* x *a leu phe*.

Напишите генотип гетерозиготных диплоидов. Какого фенотипа будут выделенные диплоиды? Какие фенотипические и генотипические классы рекомбинантов ожидаются в мейотическом потомстве диплоида?

385. Как получить гибрид дрожжей, гетерозиготный по генам *ade2*, *rgh*, *leu*?

386. У пекарских дрожжей есть ауксотрофные формы, неспособные синтезировать аденин или лизин. При скрещивании двух таких форм диплоидный гибрид бывает прототрофом, т.е. способен синтезировать обе аминокислоты. Опишите результаты тетрадного анализа такого гибрида при условии, что штаммы будут выращиваться на минимальной среде.

387. Определите расстояние гена *a* от центromеры на основании порядка расположения спор в 100 асках нейроспоры:

Число асков	Споры			
	1+2	3+4	5+6	7+8
44	<i>a</i>	<i>a</i>	+	+
48	+	+	<i>a</i>	<i>a</i>
2	<i>a</i>	+	<i>a</i>	+
3	<i>a</i>	+	+	<i>a</i>
2	+	<i>a</i>	+	<i>a</i>
1	+	<i>a</i>	<i>a</i>	+

388. У нейроспоры мутант 1 не способен синтезировать аминокислоту аргинин (*arg*), а мутант 2 не синтезирует витамин тиамин (*thi*). Дигетерозигота по эти мутациям дает аски со следующим порядком расположения спор:

Число асков	Споры			
	1+2	3+4	5+6	7+8
24	<i>arg thi</i>	<i>arg thi</i>	++	++
27	++	++	<i>arg thi</i>	<i>arg thi</i>
26	<i>arg</i> +	<i>arg</i> +	+ <i>thi</i>	+ <i>thi</i>
23	+ <i>thi</i>	+ <i>thi</i>	<i>arg</i> +	<i>arg</i> +

Как наследуются гены? Как они располагаются относительно своей центromеры (или центromер)?

389. У нейроспоры после определенного скрещивания споры в асках расположились в следующем порядке:

Число асков	Споры			
	1+2	3+4	5+6	7+8
92	<i>ab</i>	<i>ab</i>	++	++
2	<i>ab</i>	++	<i>ab</i>	++
2	<i>ab</i>	++	++	<i>ab</i>
1	<i>ab</i>	<i>a</i> +	+ <i>b</i>	++
1	<i>ab</i>	<i>a</i> +	++	+ <i>b</i>
1	<i>a</i> +	<i>ab</i>	+ <i>b</i>	++
1	<i>a</i> +	<i>ab</i>	++	+ <i>b</i>

Сцеплены ли гены *a* и *b*? Если не сцеплены, то на каком расстоянии каждый ген находится от своей центromеры? Если

сцеплены, то постройте кроссоверную карту для генов  $a$  и  $b$  и их центромеры.

390. Выпишите генотипы возможных рекомбинантов в мейотическом потомстве диплоида:  $\alpha/a, ade2/+, ade1/+, his/+$ .

391. Каковы результаты дигибридного скрещивания у дрожжей при тетрадном анализе, если одна родительская форма является ауксотрофом по метионину ( $met$ ), а другая – по лейцину ( $leu$ ). Гены не сцеплены друг с другом, но полностью сцеплены со своими центромерами.

392. Какие типы тетрад образует диплоидный штамм дрожжей с генотипом  $AB/ab$ , если гены  $A$  и  $B$  полностью сцеплены?

393. Как образуются тетрады тетратипа при мейозе у дрожжей? Пояснить схемой.

394. Какие типы тетрад, и в каком соотношении возникают в потомстве диплоидного штамма дрожжей, полученного при скрещивании штамма, ауксотрофного по аденину ( $ade$ ), со штаммом, ауксотрофным по гистидину ( $his$ )? Гены, контролирующие синтез аденина и гистидина, не сцеплены друг с другом и со своими центромерами.

395. Диплоидная тригетерозигота хламидомонады возникла в результате слияния двух гаплоидных клеток с генотипами  $ABC$  и  $abc$ . Частота рекомбинантов по генам  $B$  и  $C$  равна 20%, по генам  $A$  и  $C$  – 3,8%. Сколько типов дочерних клеток может возникнуть в результате мейоза? Какой может быть последовательность генов на карте, и какова будет частота двойных рекомбинантов?

396. Диплоидная зигота хламидомонады, гетерозиготная по генам  $A$  и  $B$ , возникла в результате слияния гаплоидных клеток  $AB$  и  $ab$ . После мейоза получено 221 зооспора с генотипом  $AB$ , 232 – с генотипом  $ab$ , 54 с генотипом –  $Ab$  и 66 с генотипом  $aB$ . Чему равна частота рекомбинантов по генам  $A$  и  $B$  в данном скрещивании?

397. Сделайте вывод о характере взаимосвязи между генами  $A, B, C$  по результатам тетрадного анализа:

Пара генов	Число тетрад типа		
	P	N	T
<i>A – B</i>	15	14	56
<i>A – C</i>	85	0	0
<i>B – C</i>	31	36	120

398. Гибрид дрожжей, гетерозиготный по трем генам V хромосомы, показал следующее расщепление:

Пара генов	Число тетрад типа		
	P	N	T
<i>his1 – ilv1</i>	126	2	47
<i>cho1 – his1</i>	62	6	84
<i>cho1 – ilv1</i>	44	12	97

Определите частоту тетрад разных типов и расстояние между генами.

399. У *Neurospora crassa* проанализировано расщепление по генам *A*, *ad*, *vis*. Из данных тетрадного анализа сделайте вывод о характере наследования этих генов. Если гены сцеплены, то определите порядок расположения и расстояние между генами.

Число тетрад	Тип тетрад для пары генов		
	<i>A – ad</i>	<i>A – vis</i>	<i>ad – vis</i>
890	P	P	P
171	P	T	T
85	T	T	P
8	T	T	T
3	T	P	T
2	T	N	T
2	P	N	N

400. Результаты тетрадного анализа гибрида дрожжей следующие:

Пара генов	Число тетрад типа		
	P	N	T
<i>MAT – ura3</i>	239	209	383
<i>MAT – gal1</i>	153	172	244
<i>ura3 – gal1</i>	230	240	231

Как наследуются эти гены? Проверьте соотношение типов тетрад по  $\chi^2$ .

401. Постройте карту сцепления генов *A*, *B*, *C* и *D* по результатам тетрадного анализа дрожжей:

Пара генов	Число тетрад типа			Маркеры
	P	N	T	
<i>A – B</i>	125	7	81	<i>A – thi4</i>
<i>A – C</i>	202	4	103	<i>B – leu2</i>
<i>A – D</i>	103	13	144	<i>C – α/a</i>
<i>B – C</i>	271	2	67	<i>D – his4</i>
<i>B – D</i>	60	1	45	
<i>C – D</i>	104	13	113	

402. У гетерозиготного диплоида *Aspergillus nidulans ABC/abc* получены митотические сегреганты фенотипа *aBC* (80), *abc* (20), *abC* (60). В скобках указано число полученных сегрегантов. Как можно объяснить эти результаты? Можно ли представить их в виде генетической карты?

403. У аспергилла получен диплоид, гетерозиготный по маркерам *su*, *riboA*, *anA*, *proA*, *pabaA*, *y*. Изучены генотипы диплоидных сегрегантов, образовавшихся в результате митотического кроссинговера и отобранных по признаку желтой окраски (*y*) или по результату посева на среду без аденина. Сегрегант с генотипом *ad/ad*, *su+ /su* не растет на среде без аденина, а выщепляющиеся гомозиготы по рецессивному *su* с генотипом *ad/ad*, *su/su* не нуждаются в этом основании и растут на минимальной среде. Получены следующие результаты:

Селектор	Другие маркеры	Число сегрегантов
<i>su/su</i>	прототрофы	58
	<i>riboA</i>	21
	<i>riboA anA</i>	181
<i>y/y</i>	прототрофы	35
	<i>pabaA</i>	110
	<i>proA pabaA</i>	9

Определите расположение генов по отношению к центромере, порядок и расстояние между генами.

404. У аспергилла получен диплоид, гетерозиготный по маркерам *su*, *thi*, *cysA*, *strA*, *ileu*. Изучены генотипы диплоидных сегрегантов, образовавшихся в результате митотического кроссинговера и отобранных по результату посева на среду без аденина (*ad/ad*, *su+/su* не растет на среде без аденина, а выщепляющиеся гомозиготы по рецессивному *su* с генотипом *ad/ad*, *su/su* не нуждаются в этом основании и растут на минимальной среде). Получены следующие результаты:

Селектор	Другие маркеры	Число сегрегантов
<i>su/su</i>	прототрофы	5
	<i>cysA strA thi ileu</i>	1
	<i>cysA</i>	104
	<i>cysA strA thi</i>	18
	<i>cysA strA</i>	180

Определите расположение генов по отношению к центру, порядок и расстояние между генами.

405. У аспергилла получен диплоид, гетерозиготный по маркерам *ade*, *met*, *ribo*, *y* и *vis*. Изучены генотипы диплоидных сегрегантов, образовавшихся в результате митотического кроссинговера и отобранных по признаку желтой окраски (*y*). Получены следующие результаты:

Селектор	Другие маркеры	Число сегрегантов
<i>y</i>	прототрофы	54
<i>y</i>	<i>ribo ade vis</i>	12
<i>y</i>	<i>ribo</i>	118
<i>y</i>	<i>ribo ade</i>	44
<i>y</i>	<i>ribo ade vis met</i>	2

Определить расположение генов по отношению к центру, порядок и расстояние между генами.

## 8. МУТАЦИИ

406. У гаплоидного табака благодаря образованию жизнеспособных гаплоидных гамет получена полностью гомозиготная диплоидная линия. Эта линия сначала была очень однообразной – растения были подобны одно другому, но в течение продолжи-

тельного полового размножения однообразие стало уменьшаться. Почему?

407. Почему при анализе мутаций методами Меллер-5, CLB, CyL/Pm необходим индивидуальный анализ. Докажите эту необходимость.

408. Необходим ли индивидуальный анализ при учете нерасхождения хромосом? Обоснуйте свое мнение.

409. Объясните, для чего в линиях CyL+/++Pm и St+/+D, используемых для анализа рецессивных летальных мутаций, необходимы доминантные маркеры?

410. Объясните, для чего в линии, используемые для анализа возникающих рецессивных сцепленных с полом летальных мутаций, введены инверсии?

411. Самка, гетерозиготная по двум неаллельным сцепленным с полом, рецессивным летальным генам, скрещивается с самцом дикого типа. Какое будет получено потомство?

412. В эксперименте 30 самцов дрозофилы облучили рентгеновыми лучами в дозе 4000 p и провели скрещивание с самками CLB. Было получено 1130 CLB самок F<sub>1</sub>, из них 134 имели в F<sub>2</sub> только самок. Рассчитайте частоту мутаций.

413. В эксперименте 20 самцов дрозофилы были подвергнуты действию рентгеновых лучей в дозе 2000 p и затем скрещены с CLB самками. В потомстве получено 750 CLB самок, и они проанализированы в F<sub>2</sub>. Оказалось: 706 имели и самцов и самок, а 44 – только самок. Какова частота мутаций?

414. Красноглазая самка *Notch* при скрещивании с белоглазым нормальнокрылым самцом дает потомство, состоящее из белоглазых *Notch* самок и красноглазых нормальнокрылых самцов. Каково будет потомство от скрещивания белоглазой самки *Notch* из F<sub>1</sub> с красноглазым самцом?

415. Расу 1, гомозиготную по сцепленным генам *A*, *B*, *C*, *D* и *E*, Скрещивают с расой 2, гомозиготной по рецессивным аллелям этих генов. При возвратном скрещивании особей F<sub>1</sub> с гомозиготной рецессивной формой оказывается, что они образуют

только четыре типа гамет: ABCDE, ABCDe, abcdE и abcde. Объясните этот случай наследования.

416. В одной из хромосом сперматозоида человека есть нехватка. Индивид, получивший эту хромосому, становится аномальным. Какие типы потомков, и в какой пропорции может произвести этот индивид?

417. Ребенок с синдромом Дауна имеет 46, а не 47 хромосом, постоянно обнаруживаемых при этой болезни (лишняя хромосома №21). Исследование кариотипа показало, что одна из его хромосом №15 длиннее обычной. У матери больного, а также у его тетки и бабушки по материнской линии (с нормальной конституцией) обнаружено 45 хромосом с удлинённой хромосомой №15. Чем можно объяснить наблюдаемые в этой семье явления?

418. Если зигота человека имеет лишнюю хромосому №21, то из нее развивается ребенок с болезнью Дауна; если в зиготе не хватает одной хромосомы №21, то она гибнет (спонтанный аборт). Мать имеет 45 хромосом, так как одна из 21 хромосомы транслоцирована на 15 (это можно изобразить как 15/21), а отец нормальный (имеет две хромосомы 15 и 21). Какие по генотипу могут образовываться зиготы у этих родителей, и какова дальнейшая судьба этих зигот?

419. В облученной рентгеновскими лучами культуре лейкоцитов периферической крови человека наблюдаются дицентрические хромосомы и ацентрические фрагменты. Каково может быть их происхождение?

420. При облучении клеток человека *in vitro* в анафазе наблюдаются мосты. О чем говорит их образование?

421. У кукурузы гены во второй хромосоме расположены в следующем порядке: ген, определяющий белую обертку, ген, определяющий блестящие листья, ген опушенности и ген, определяющий перикарп шоколадного цвета. В одной из линий было обнаружено изменение порядка расположения указанных генов на следующий: белая обертка, опушенность, блестящие листья и шоколадного цвета перикарп. Чем можно объяснить это явление?

422. У другой линии кукурузы (см. задачу 422) было найдено, что гены, определяющие опушенность и шоколадного цвета перикарп, были сцеплены с группой генов, которые были локализованы в III хромосоме. Объясните, какова природа этого явления.

423. Подвергнутые рентгеновскому облучению растения, гомозиготные по доминантному аллелю (*AA*), скрещивают с растениями, гомозиготными по рецессивному аллелю (*aa*). Три из 400 растений в F1 имеют рецессивный фенотип. Объясните.

424. У нейроспоры два влияющих на рост гена, *biscuit* и *granular*, в норме локализованы в одном и том же плече пятой хромосомы. Обнаружен, однако, штамм, в котором эти гены наследуются независимо. Какой тип хромосомной мутации Вы можете предположить, объясняя это наблюдение?

425. Растения, гетерозиготные по реципрокной транслокации, часто обладают сильно пониженной плодовитостью. Такое же понижение плодовитости может возникать и в результате гетерозиготности по рецессивному летальному аллелю. Какой вы можете предложить способ, позволяющий различить эти две причины понижения плодовитости?

426. Цитологическое исследование мейоза у некоторых растений кукурузы показало, что хромосомы IV и V образуют кольцо в центре клетки. Чем можно объяснить такую необычную конъюгацию этих хромосом?

427. Изобразите конъюгацию следующих хромосом:  
1.2.10.9.8.7.6.5.4.3.11.12 / 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12  
(номера обозначены гены).

428. Изобразите конъюгацию следующих хромосом:  
1.2.3.4.5.6.7.8.9 / 1.2.3.6.7.8.9  
(номера обозначены гены).

429. Изобразите конъюгацию следующих хромосом:  
1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12 / 1.2.3.4.5.6.7.7.7.8.9.10.11.12  
(номера обозначены гены).

430. Изобразите конъюгацию следующих хромосом (обратите внимание, что одна инверсия включает другую):

1.2.10.9.8.7.6.5.4.3.11.12 / 1.2.3.4.8.7.6.5.9.10.11.12

(номера обозначены гены).

431. Некий организм представляет собой гетерозиготу вида  $A.BCDEFG / A.BCFEDG$  (точка между генами  $A$  и  $B$  означает центромеру). Каковы будут результаты кроссинговера между генами  $B$  и  $C$ ; между генами  $E$  и  $F$ ?

432. Изобразите схематически конъюгацию двух гомологичных хромосом с последовательностями генов  $ABCDEFG.HI$  и  $ABFEDCG.HI$  (точка между генами  $G$  и  $H$  означает центромеру).

433. Изобразите схематически двойной кроссинговер и результаты мейоза для гетерозиготы по 1) парацентрической и 2) перицентрической инверсии, считая, что оба кроссинговера происходят внутри инвертированного участка.

434. В природной популяции дрозофилы обнаружены следующие последовательности генов в третьей хромосоме:  $ABCDEFGHIJ$ ,  $ABCGFEDHIJ$ ,  $ABCGFIHDEJ$ ,  $ABHIFGCDEJ$ ,  $AFGCDEBHIJ$  и  $AFGCBEDHIJ$ . Каковы вероятные филогенетические отношения между этими хромосомными перестройками?

435. Одна линия дурмана имеет нормальные хромосомы. Сколько реципрокных транслокаций должно быть в другой линии, чтобы в мейозе у их гибрида образовывалось кольцо из 12 хромосом? ( $2n=24$  хромосомам).

436. У семи родственных видов обнаружены следующие последовательности генов в хромосоме:

I –  $ARCFEDVTJKLMN$ ;

II –  $ARCDEFVTJKLMN$ ;

III –  $ACRDEFVTJKLMN$ ;

IV –  $ARCDEFJTVKLMN$ ;

V –  $ARCDEFJTKVLMN$ ;

VI –  $ARCDEFJTKMLVN$ ;

VII –  $ARLVKTJFEDCMN$ .

1. На основании приведенных фактов нарисуйте схему филогенетических взаимоотношений между этими видами, если по палеонтологическим данным предковый вид – I. Укажите, какие хромосомные перестройки происходят на каждом из переходов между видами.

2. Если предковый вид – IV?

437. Расстояние на карте между генами:  $a$  и  $b$  – 10%,  $d$  и  $c$  – 25%,  $c$  и  $d$  – 20%. При скрещивании самки дрозофилы, гетерозиготной по всем четырем генам и инверсии, с самцом – гомозиготным рецессивом получено следующее потомство:

++++	– 360	++ $cd$	– 0	+ $b$ ++	– 0	++ $c$ +	– 0
$abcd$	– 350	$ab$ ++	– 0	$a$ + $cd$	– 0	$ab$ + $d$	– 0
+ $bcd$	– 42	+++ $d$	– 92	+ $bc$ +	– 4	+ $b$ + $d$	– 0
$a$ +++	– 48	$abc$ +	– 98	$a$ +++ $d$	– 6	$a$ + $c$ +	– 0

Определите, где была инверсия?

438. На каких объектах удобно изучать хромосомные перестройки цитологическими методами?

439. Какие цитологические картины характерны для гигантских хромосом слюнных желез двукрылых насекомых, если имеют место в одной из хромосом: инверсия? дупликация? потеря участка? Нарисуйте схемы.

440. Нарисуйте схему конъюгации гигантских хромосом слюнных желез двукрылых насекомых, если имеет место транслокация между двумя хромосомами.

441. Какие генетические явления могут служить показателями наличия в генотипе инверсии в гетерозиготном состоянии?

442. Какие генетические явления могут говорить о наличии транслокации хромосом в генотипе?

443. Самец дрозофилы, гомозиготный по реципрокной транслокации, в которой правые концы II и III хромосом обменены, гетерозиготен по генам  $al$  – II хромосома и  $se$  – III хромосома. Оба гена получены от одного родителя данного самца. Какое получится потомство от скрещивания этого самца с самкой генотипа:  $alal\ sese$ ?

444. Определите, какие жизнеспособные гаметы, и в какой пропорции образуют тетраплоиды типа *Aaaa*, *AAaa*.

445. Какое число хромосом должен иметь фертильный отдаленный гибрид от скрещивания вида с  $2n=18$  хромосомам и вида с  $2n=24$  хромосомам?

446. Определите, какие жизнеспособные гаметы, и в какой пропорции образует гексаплоид типа *AAAAaa*?

447. Какую долю от общего числа жизнеспособных гамет, образуемых гексаплоидом *AAAAaa*, составляют гаметы *aaa*?

448. Какое расщепление можно ожидать при самоопылении гексаплоида *AAAAaa*?

449. Почему полиплоидия уменьшает вероятность нахождения генных мутаций?

450. Тетраплоидное растение клевера с окрашенными цветками, имеющими генотип *AAaa*, скрещивают со своим белоцветковым родителем (*aaaa*). Какое будет потомство от этого скрещивания?

451. Почему гибрид между двумя видами более фертилен, когда он тетраплоид, и менее фертилен, когда диплоид?

452. Почему легче вести селекцию тетраплоида, если он способен к размножению черенками и почками?

453. Красноплодное тетраплоидное растение томата неизвестного происхождения при самоопылении дало потомство, расщепляющееся в соотношении 3 красноплодных к 1 желтоплодному растению. Что можно сказать о наследовании окраски плодов. Каков генотип исходного растения?

454. Тетраплоидное растение ржи нормальных размеров при скрещивании с тетраплоидным карликовым дало в потомстве 19 растений; из них 16 нормальных и 3 карликовых. Каковы генотипы исходных растений?

455. Красноплодное тетраплоидное растение томата неизвестного происхождения при опылении пыльцой с желтоплодно-

го растения дало 50% красноплодных и 50% желтоплодных растений. Определите генотип материнского растения.

456. Почему триплоидные формы животных (рыбы, ящерицы) обнаружены в природе среди партеногенетически размножающихся форм?

457. Почему среди триплоидных форм растений встречаются растения с бессемянными плодами (арбузы, бананы)?

458. Как должно вестись семеноводство триплоидных арбузов?

459. В результате скрещивания красноплодной формы томатов с желтоплодной в F<sub>1</sub> получились растения красноплодные, а в F<sub>2</sub> на 765 красноплодных – 18 желтоплодных. Из гибридной популяции была заложена линия от одного красноплодного растения, которая дала расщепляющееся потомство в отношении 3 красноплодных : 1 желтоплодный. Объясните полученные результаты.

460. При скрещивании двух сортов томатов со штамбовым и нештамбовым типами куста в F<sub>1</sub> все растения имеют нештамбовый куст, а в F<sub>2</sub> – 95 нештамбовых и 5 штамбовых. В анализирующем скрещивании от одного растения F<sub>2</sub> получено 90 растений с нештамбовым типом куста и 25 со штамбовым. Объясните полученные результаты.

461. Томат, имеющий развалистый куст, в результате скрещивания со штамбовым дал в F<sub>1</sub> растения с развалистым кустом, а в F<sub>2</sub> на 280 растений, таких же как и в F<sub>1</sub>, 17 штамбовых. Одно из растений F<sub>2</sub> дало потомство, расщепляющееся по типу куста: 278 развалистых и 115 штамбовых. Объясните эти результаты.

462. При скрещивании ржи, имеющей опушение под колосом, с неопушенной формой, в F<sub>1</sub> все растения опушенные, а в F<sub>2</sub> на 190 опушенных – 7 неопушенных. В анализирующем скрещивании получено 98 растений опушенных и 23 – неопушенных. Объясните полученные результаты.

463. При скрещивании нормального растения ржи с карликовым в F<sub>1</sub> были получены нормальные растения, а в F<sub>2</sub> – 109

нормальных и 4 карликовых. При самоопылении одного из гибридов F2 получено 68 нормальных и 22 карликовых растения. Объясните полученные результаты.

464. Растение, гетерозиготное по двум генам *a* и *b*, дает расщепление 9:3:3:1 при самоопылении. Когда его хромосомы удваиваются, то образуется автотетраплоид *AAaaBBbb*. Предполагается, что кроссинговер между этими генами и центромерами не идет и имеет место полное доминирование. Какое расщепление будет в потомстве такого растения, если оно образуется путем самоопыления?

465. При скрещивании диплоидной желтозерной ржи с белозерной F1 было зеленозерное, а в F2 на 9 зеленых семян получено 3 желтых и 4 белых. Каково будет F2, если из коллекции для скрещивания взяты аналогичные тетраплоидные формы? Расщепление хромосомное.

466. При скрещивании диплоидных пшениц краснозерной и белозерной гибриды F1 краснозерные, а в F2 на 15 красных семян – 1 белое. Рассчитайте соотношение фенотипов в F2 при скрещивании тетраплоидных форм, если расщепление хромосомное.

467. Скрещены два гомозиготных растения земляники – с красной и белой ягодой. Гибрид F1 имеет розовую ягоду. Возвратное скрещивание с сортом, имеющим красную ягоду, дало следующее расщепление: 6 растений с красной ягодой, 5 – с розовой и 43 – с темно-розовой. Объясните полученные результаты.

468. При скрещивании сортов земляники с красной и белой ягодами гибрид F1 имеет розовые ягоды, а в F2 получено 10 растений с красными ягодами, 69 – с темно-розовыми, 82 – со светло-розовыми, 179 – с ягодами, подобными гибриду F1, и 9 – с белыми ягодами. Объясните полученные результаты.

469. Самка дрозофилы XXУ дает 40% зигот с увеличенным количеством половых хромосом. Какие гаметы и в каком количестве образует такая самка?

470. Если трехцветный кот представляет собой XXУ, возникший в результате нерасхождения половых хромосом при

скрещивании трехцветной кошки с черным котом, то какие аномальные типы хромосомного комплекса могут наблюдаться у самок, рожденных в одном помете с таким котом? У каких самок из этого помета (если появление их возможно) могут быть исключительные окраски и какова их природа? Можно ли по числу котят в помете или по соотношению полов получить данные, подтверждающие теорию, что самки из такого помета аномальны? Чем Вы обосновываете Ваш ответ?

471. Имеется растение-трисомик с генотипом  $a/+/+$ . Каково будет его потомство, возникшее в результате самоопыления, если жизнеспособны все женские гаметы и только сбалансированные мужские?

472. Какие гаметы образуют триплоиды типов  $AAa$ ,  $Aaa$ ?

473. Мать имеет нормальное зрение, отец – дальтоник, дочь – дальтоник с синдромом Шерешевского-Тернера. Объясните происхождение аномальных признаков дочери.

474. Предположим, что растение *Datura* – трисомик по хромосоме  $C$  и гаметы типов  $CC$  и  $C$  образуются с равной вероятностью. Какие типы растений, и в каких долях будут возникать в потомстве этого растения при его опылении пыльцой нормального диплоидного растения?

475. У кукурузы 10 пар хромосом, и можно получить все 10 возможных типов трисомиков. Пусть все 10 типов трисомиков гомозиготны по определенному доминантному аллелю  $A$ , а нормальная диплоидная линия гомозиготна по рецессивному аллелю  $a$ . Как узнать, в какой хромосоме локализован ген  $A$ ?

476. Частота, с которой появляются мутантные растения в потомстве, полученном путем самоопыления облученных диплоидов, аллотетраплоидов и аллогексаплоидов пшеницы, наиболее высокая у диплоида и наиболее низкая у аллогексаплоида. Как вы объясните этот факт?

477. У тетраплоида с генотипом  $Aaaa$  кроссинговер между геном и центромерой составляет 40%. Рассчитайте соотношение разных генотипов и фенотипов в потомстве от самооплодотворения этой формы.

478. Тетраплоид генотипа  $AAAA$  размножается путем самооплодотворения. Кроссинговер между геном и центромерой составляет 10%. Рассчитайте соотношение генотипов и фенотипов в его потомстве.

479. У тетраплоида генотипа  $AAaaBBbb$  по гену  $A$  имеет место хромосомное, а по гену  $B$  – полное хроматидное расщепление. Выпишите гаметы этого гибрида.

480. У тетраплоида генотипа  $AAaaBBbb$  по гену  $A$  имеет место хромосомное расщепление, а по гену  $B$  – кроссинговер между локусом и центромерой составляет 20%. Выпишите гаметы, образуемые этим гибридом.

481. Если между геном  $A$  и центромерой кроссинговер не идет, то как могло получиться растение генотипа  $aaaa$  в потомстве тетраплоида  $AAAA$ ?

## 9. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА

Популяционная генетика исследует закономерности распределения генов и генотипов в популяциях. Установление этих закономерностей имеет как научное, так и практическое значение в разных разделах биологии, таких как экология и экологическая генетика, биогеография, селекция и т.д. В медицинской практике также нередко появляется необходимость установить количественные соотношения людей с различными генотипами по какому-либо гену, включающему патологический аллель, или частоту встречаемости этого гена среди населения.

Популяции могут находиться в состоянии генетического равновесия или быть генетически неравновесными. В 1908 г. Г. Харди и В. Вайнберг предложили формулу, отражающую распределение частот генотипов в популяциях со свободным скрещиванием, т.е. панмиктических. Если частота доминантного аллеля  $p$ , а рецессивного –  $q$ , причем  $p + q = 1$ , тогда

$$p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa) = 0,$$

где  $p^2$  – частота доминантного гомозиготного генотипа,  $2pq$  – частота гетерозигот, а  $q^2$  – частота рецессивных гомозигот.

В генетически равновесной популяции частоты генов и генотипов из поколения в поколение не изменяются. Этому, кроме

панмиксии, т.е. отсутствия специального подбора пар по каким-либо отдельным признакам, способствуют:

- большая численность популяции;
- отсутствие оттока или притока в нее генов за счет миграции особей;
- отсутствие давления мутаций, изменяющих частоту какого-либо аллеля данного гена или приводящих к появлению новых аллелей;
- отсутствие естественного отбора, результатом которого может быть неравная жизнеспособность или неравная плодовитость особей с разными генотипами.

Действие любого из указанных факторов может быть причиной нарушения генетического равновесия в данной популяции, т.е. динамики ее генетической структуры или изменению ее во времени (из поколения в поколение) или в пространстве. Такая популяция может быть эволюционирующей.

Используя формулу Харди-Вайнберга можно производить ряд вычислений. Так, например, на основании известных частот фенотипов, генотипы которых известны, можно вычислить частоты аллелей соответствующих генов. Зная частоту доминантного или рецессивного гомозиготного генотипа в данной популяции, можно вычислить параметры генетической структуры этой популяции, а именно, частоты генов и генотипов. Кроме того, опираясь на формулу Харди-Вайнберга, можно установить, является ли данная популяция с определенным соотношением частот генотипов генетически равновесной. Таким образом, анализ популяций с позиций основных положений закона Харди-Вайнберга позволяет оценить состояние и направление изменчивости конкретной популяции.

Закон Харди-Вайнберга приложим и к генам, представленным множественными аллелями. Если ген известен в трех аллельных формах, частоты этих аллелей выражаются, соответственно, как  $p$ ,  $q$  и  $r$ , а формула Харди-Вайнберга, отражающая соотношение частот генотипов, образуемых этими аллелями, приобретает вид:

$$p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr = 1$$

## ЗАДАЧИ

482. В популяции беспородных собак города Владимира было найдено 245 животных коротконогих и 24 с нормальными ногами. Коротконогость у собак – доминантный признак ( $A$ ), нормальная длина ног – рецессивный ( $a$ ). Определить частоту аллелей  $A$  и  $a$  и генотипов  $AA$ ,  $Aa$  и  $aa$  в данной популяции.

483. В популяциях Европы на 20000 человек встречается 1 альбинос. Определите генетическую структуру популяции.

484. В исходной выборке ржи (строгий перекрестник) соотношение гомозиготных нормальных по росту растений ( $AA$ ) и карликов ( $aa$ ) – 3 : 2. Определите генетическую структуру популяции в  $F_2$ .

485. Взяты 4 гетерозиготных красноцветковых растения гороха и 1 тоже красноцветковое, но гомозиготное растение. Горох – самоопылитель. Определите соотношение генотипов и фенотипов в  $F_4$ .

486. Соотношение генотипов в выборке следующее: 10  $aa$ , 1  $AA$  и 10  $Aa$ . Определите генетическую структуру  $F_3$  в случае самоопыления и панмиксии.

487. У каких растений легче отобрать доминантные гомозиготные опушенные растения – у ржи (перекрестник) или у пшеницы (самоопылитель)?

488. Определите генетическую структуру панмиктической популяции в  $F_3$ , если исходное соотношение генотипов было:  $2AA:1Aa:3aa$ .

489. Что должно произойти с генетически равновесной популяцией за 10 поколений, если исходное соотношение генотипов было  $25\% AA : 50\% Aa : 25\% aa$ ? За 15 поколений?

490. Две популяции имеют следующие частоты генотипов: первая –  $0,24 AA$ ;  $0,32 Aa$  и  $0,44 aa$ ; вторая –  $0,33 AA$ ;  $0,14 Aa$  и  $0,53 aa$ . Каково будет соотношение частот генотипов в следующем поколении при условии панмиксии.

491. В какой популяции больше шансов найти гетерозиготные формы – ржи или пшеницы?

492. У крупного рогатого скота породы шортгорн особи с генотипом  $RR$  имеют красную масть, с генотипом  $Rr$  – чалую и  $rr$  – белую. В стаде этой породы было зарегистрировано 4169 красных, 3780 чалых и 756 белых животных. Определите частоты аллелей  $R$  и  $r$  и установите, является ли данная популяция генетически равновесной.

493. В одной из панмиктических популяций частота аллеля  $b$  равна 0,1, а в другой – 0,9. В какой популяции больше гетерозигот?

494. Каким будет доля гетерозигот среди черных овец, если количество рыжих шкурков среди каракульских овец составляет 1%, а популяция этих животных находится в генетически равновесном состоянии?

495. Определите вероятное количество гетерозигот в шиншилловом стаде кроликов, насчитывающем 500 животных, если в нем выщепляется примерно 4% альбиносов; каким будет количество гетерозигот, если альбиносов 10% и если их 0,5%?

496. Соответствует ли формуле Харди-Вайнберга следующее соотношение гомозигот и гетерозигот в популяции: 239  $AA$  : 79  $Aa$  : 6  $aa$ ?

497. В популяции лис, насчитывающей 174 животных и состоящей из чернобурых, красных и сиводушек, обнаружено 86,4% красных особей. Определите процент чернобурых лисиц и сиводушек при условии, что данная популяция размножается свободно?

498. Население острова произошло от нескольких человек из популяции, характеризующейся частотой встречаемости доминантного аллеля  $B$  (карие глаза), равной 0,2, и рецессивного аллеля  $b$  (голубые глаза), равной 0,8. Определите для данной островной популяции процент людей с карими и голубыми глазами в первой генерации. Изменится ли это соотношение особей по фенотипу и генофонд популяции после смен нескольких поколений при условии, что популяция носит панмиктический характер, и практически в ней не было мутаций по цвету глаз.

499. В США около 30% населения ощущают горький вкус фенилтиокарбамида (ФТК), 70% людей не различают его вкус. Способность ощущать вкус ФТК детерминируется рецессивным геном  $a$ . Определите частоту аллелей  $A$  и  $a$  и генотипов  $AA$ ,  $Aa$  и  $aa$  в данной популяции.

500. Доля особей в большой панмиктической популяции равна 0,09. Какая часть популяции гетерозиготна по гену  $A$ ?

501. В популяции, подчиняющейся закону Харди-Вайнберга, частоты аллелей  $A$  и  $a$  равны, соответственно, 0,3 и 0,7. Определите процент гомозигот по этим генам. Изменится ли он после одной генерации, в течение которой гибриды скрещивались только с гибридами?

502. В популяции диких зайцев на 1000 серых встречается 10 белых особей. Определите концентрацию аллелей  $A$  (серая окраска) и  $a$  (белая окраска), количество гомозиготных и гетерозиготных особей.

503. В популяции встречается три генотипа по гену альбинизма –  $a$  в соотношении: 9/16  $AA$ , 6/16  $Aa$  и 1/16  $aa$ . Находится ли данная популяция в состоянии генетического равновесия?

504. В одной популяции дрозофилы частота аллеля  $b$  (черная окраска тела) равна 0,1, в другой – 0,9. Установите относительную частоту серых и черных мух в обеих популяциях и количество гомозиготных и гетерозиготных особей.

505. В одной изолированной популяции человека насчитывается примерно 16% людей, имеющих резус-отрицательную кровь (рецессивный признак). Установите число гетерозиготных носителей гена резус-отрицательной крови.

506. Ген юношеской амавротической идиотии не дает видимого эффекта в гетерозиготном состоянии, гомозиготные дети погибают. По данным Гершковича один человек с таким заболеванием обнаруживается на 100 000 человек. Какова частота гена идиотии в генофонде и частота гетерозиготных носителей гена этого тяжелого заболевания?

507. Альбинизм у ржи наследуется как аутосомный рецессивный признак. На обследованном участке среди 84 000 растений обнаружено 210 альбиносов. Определите частоту гена альбинизма у ржи.

508. У кукурузы альбинизм наследуется как аутосомный рецессивный признак. У некоторых сортов кукурузы растения-альбиносы встречаются с частотой 25:10000. Определите частоту гена альбинизма и гетерозиготных носителей этого гена в этих сортах кукурузы.

509. Алькаптонурия наследуется как аутосомный рецессивный признак. Заболевание встречается с частотой 1:100 000 (В.П.Эфроимсон, 1968). Вычислите количество гетерозигот в популяции.

510. Дж. Ниль и У. Шелл (1958) приводят следующие данные о частоте рецессивного гена нечувствительности к фенилтиокарбамиду (ФТК) среди различных групп населения земного шара:

древнеевропейская.....	0,5
кавказская.....	0,65
негроидная.....	0,45

Вычислите частоту встречаемости лиц, чувствительных к ФТК в каждой из этих популяций.

511. В одном из американских городов в части, представляющей изолят из итальянских переселенцев, в период с 1928 по 1942 г. среди 26 000 новорожденных 11 оказалось с тяжелой формой талассемии (генотип *TT*) (К. Штерн, 1965). Определите число гетерозигот в изученной популяции

512. В материалах XIV Международного генетического конгресса (Н.П. Бочков) приводятся следующие данные по распределению заболеваний среди населения Европы (на 1000 новорожденных): а) аутосомно-доминантное наследование: нейрофиброматоз – 0,4, гиперхолестеринемия – 2,0, ахондроплазия – 0,02; б) аутосомно-рецессивное наследование: амавротическая идиотия Тей-Сакса – 0,04, цистинурия – 0,06, цистиноз (синдром Фанкони) – 0,01. Определите частоты генов в изученной популяции по всем шести заболеваниям.

513. Аниридия наследуется как доминантный аутосомный признак и встречается с частотой 1: 10000 (В.П. Эфроимсон, 1968). Определите генетическую структуру популяции.

514. Врожденный вывих бедра наследуется доминантно, средняя пенетрантность составляет 25%. Заболевание встречается с частотой 6: 10000 (В.П. Эфроимсон, 1968). Определите число гомозиготных особей по рецессивному гену.

515. Подагра встречается у 2% людей и обусловлена аутосомным доминантным геном. У женщин ген подагры не проявляется, у мужчин его пенетрантность равна 20% (В.П. Эфроимсон, 1968). Определите генетическую структуру популяции по анализируемому признаку, исходя из этих данных.

516. Ретинобластома и арахнодактилия наследуются по аутосомно-доминантному типу. Пенетрантность ретинобластомы составляет 60%, арахнодактилии – 30%. В Европе больные ретинобластомой встречаются с частотой 0,03, а арахнодактилией – 0,04 на 1000 (Н.П. Бочков, 1979). Определите частоты генов обоих заболеваний среди европейцев.

517. Частота генов групп крови по системе АВ0 среди европейского населения приведена ниже (Н.П.Бочков, 1979).

Население	Частоты генов		
	I <sup>A</sup>	I <sup>B</sup>	I <sup>O</sup>
Русские	0,249	0,189	0,562
Буряты	0,165	0,277	0,558
Англичане	0,251	0,050	0,699

Определите процентное соотношение людей с I, II, III и IV группами крови среди русских, бурятов и англичан.

518. Найдите процент гетерозиготных особей в популяции:

- содержащей 5% особей с рецессивным фенотипом;
- содержащей 5% особей с доминантным фенотипом.

519. В случае березовой пяденицы аллель светлой окраски – рецессивный, а аллель темной окраски – доминантный. Если в популяции находится 640 светлых особей и 340 темных особей, то популяция находится в состоянии генетического равновесия при следующем количестве гетерозиготных особей:

а) 40; б) 80; в) 360; д) 320. Укажите правильный ответ.

520. Глухонемота связана с врожденной глухотой, которая препятствует нормальному усвоению речи. Наследование – ауто-сомно-рецессивное. Средняя частота заболевания колеблется в разных странах. Для европейских стран она равна приблизительно 2:10000 (В.П. Эфроимсон, 1968). Определите возможное число гетерозиготных по глухонемоте людей в районе, включающем 8000000 жителей.

521. Имеется две группы популяций, соотношение частот генотипов в которых представлено ниже.

№	P	H	Q	№	P	H	Q
1	-	1	-	6	0,4	0,6	-
2	0,01	0,98	0,01	7	0,49	0,42	0,09
3	0,10	0,80	0,10	8	0,60	0,20	0,20
4	0,25	0,50	0,25	9	0,68	0,04	0,28
5	0,50	-	0,50	10	0,70	-	0,30

Дайте ответы на следующие вопросы.

1. По какому принципу эти 10 популяций разделены на две группы?
2. Какие из популяций являются генетически равновесными?
3. Какие причины могут нарушать генетическое равновесие в соответствующих популяциях?

522. В отношении групп крови по системе MN исследовано 489 русских и 1029 китайцев. В группе русских обнаружено 195 человек с группой крови M, 215 – с группой N и 79 с группой MN, а среди китайцев лиц с данными группами крови было, соответственно, 342, 500 и 187. Определите частоты генов, определяющих эти группы крови, если известно, что люди с группой MN являются гетерозиготами по аллелям *m* и *n* данного гена, взаимодействующим по типу кодоминирования.

## 10. ЦИКЛИЧЕСКИЕ СКРЕЩИВАНИЯ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

В циклических скрещиваниях используется несколько различающихся по одному признаку форм, которые скрещиваются реципрочно друг с другом во всех вариантах. Сопоставление результатов этих скрещиваний позволяет выявить в ряде случаев значительное число генов, контролирующих данный признак, которые невозможно или трудно установить в отдельных скрещиваниях некоторых из этих форм с ограниченными выборками. Чем большее число форм вовлечено в реципрочные скрещивания, тем более полная информация может быть получена о генетическом контроле данного признака. Результаты такого рода скрещиваний обычно представляют в виде таблицы следующего вида:

♂ \ ♀	Белая №1	Белая №2	Фиолетовая	Синяя
Белый №1	К	П	П	П
Белый №2	О	К	П	П
Фиолетовый	О	О	К	П
Синий	О	О	О	К

По горизонтали в верхней строке таблицы записываются фенотипы женских организмов всех исследуемых форм; при фенотипическом сходстве используемых форм их нумеруют. По вертикали слева записывают фенотипы мужских форм. Как видно из таблицы, в этой системе скрещиваний есть контроль – скрещивание родителей, принадлежащих к одной и той же линии, что позволяет проводить проверку на гомозиготность исходных родительских форм (они отмечены буквой К). Есть реципрочные скрещивания для каждой пары родителей – П и О (прямое и обратное).

Анализ циклических скрещиваний идет в два этапа. Сначала по обычной методике анализируют результаты реципрочных скрещиваний каждой пары родителей, устанавливаются их различия и число генов, по которым идет расщепление. На основе данных этого анализа заполняется таблица циклических скрещиваний, куда заносятся данные о фенотипе гибридов F1 и расщеплении в F2 в виде формул – например, 3:1, 9:6:1 и т.д. Если реци-

прокные скрещивания показали одинаковые результаты, тогда в таблице приводят данные только прямых скрещиваний, а клетки в таблице, соответствующие результатам обратных скрещиваний оставляют пустыми. Затем проводится логический анализ всех результатов циклических скрещиваний в совокупности.

При этом сначала на основе простых расщеплений вводятся единичные гены, причем обязательно анализируются результаты тестов на аллелизм для форм, при участии которых получаются одинаковые моногенные расщепления. Далее анализируют более сложные расщепления, определяют общее число генов, по которым различаются все использованные в цикле скрещиваний формы и устанавливают генотипы исходных форм.

Следует отметить, что вовлечение в скрещивания многих форм дает возможность контролировать правильность выводов, сделанных на основе анализа отдельных попарных скрещиваний. Применение циклических скрещиваний существенно увеличивает разрешающую способность гибридологического метода и позволяет выявлять большое число генов, контролирующих признак. Недостаток этих скрещиваний заключается в их большой трудоемкости и громоздкости, а также в отсутствии в системе анализирующих скрещиваний.

## ЗАДАЧИ

523. При скрещивании самок собак разных мастей с двумя разными самцами было получено следующее потомство:

♂ \ ♀	Черная №1	Черная №2	Черная №3	Рыжая №4	Рыжая №5
Рыжий №1	3 черных 2 рыжих	Все черные	Все черные	Все рыжие	Все рыжие
Рыжий №2	2 черных 3 рыжих 1 коричневый 1 желтый	5 черных 1 коричневый	Все черные	4 рыжих 1 желтый	Все рыжие

Как наследуются эти окраски? Напишите, где это возможно, генотипы собак в приведенной выше таблице. Могут ли самки

№№ 2, 3, 5 в других скрещиваниях (каких именно?) дать желтых щенков? Могут ли самки №№ 3, 4, 5 в других скрещиваниях (каких именно?) дать коричневых щенков? Могут ли два черных родителя иметь желтого щенка? Какие фенотипы должны иметь собаки, в потомстве которых будут щенята всех четырех мастей в равном соотношении?

524. При скрещивании кур разных окрасок получены следующие результаты:

♂ \ ♀	Белая №1	Черная	Красная	Белая №2
Белый №1	F1 белое F2 белое F2 белое	F1 белое F2 3 белых : 1 черных	F1 белое F2 12 белых : 3 черных : 1 красных	F1 белое F2 13 белых : 3 черных
Черный	–	F1 черное F2 черное	F1 черное F2 3 черных : 1 белых	F1 черное F2 3 черных : 1 белых
Красный	–	–	F1 красное F2 красное	F1 черное F2 9 черных : 3 красных : 1 белых
Белый №2	–	–	–	F1 белое, F2 белое

Определите генотипы всех скрещиваемых форм.

525. У разных пород овец животные могут быть рогатыми и комолыми, причем в некоторых случаях бараны бывают рогатыми, а овцы комолыми (см. таблицу).

Порода	Бараны	Овцы
Цыгайская	рогатые	рогатые
Меринос	рогатые	комолые
Прекокс	комолые	комолые
Гемпшир	комолые	комолые

Для выяснения характера наследования этого признака проведено ряд скрещиваний:

Родители	Гибриды F1	Гибриды F2
1. Цигайская х меринос	♀ комолые, ♂ рогатые	♀: 3 комолых : 1 рогатых, ♂ рогатые
2. Цигайская х прекос	♀ и ♂ рогатые	♂ и ♀: 3 рогатых : 1 комолых
3. Цигайская х гемпшир	♀ комолые, ♂ рогатые	♀: 13 комолых : 3 рогатых, ♂: 3 рогатых : 1 комолых
4. Меринос х прекос	♀ комолые, ♂ рогатые	♀: 13 комолых : 3 рогатых, ♂: 3 рогатых : 1 комолых
5. Меринос х гемпшир	♀ комолые, ♂ рогатые	♀: комолые, ♂: 3 рогатых : 1 комолых
6. Прекос х гемпшир	♀ и ♂ комолые	♂ и ♀ комолые

Определите генотипы всех пород и гибридов. Как вы назовете тип наследования рогатости и комолости?

526. При скрещивании дрозофил с разной окраской тела получены следующие результаты:

♂ \ ♀	Темное	Серое	Желтое
Темное	F1 темное F2 темное	F1 серое F2 3 серых : 1 темных	F1 ♀ серые, ♂ желтые F2 ♂ и ♀: 3 серых : 3 желтых : 1 темных : 1 оливковых
Серое	F1 серое F2 3 серых : 1 темных	F1 серое F2 серое	F1 ♀ серые, ♂ желтые F2 ♂ и ♀: серые и желтые
Желтое	F1 серое F2 ♀ 3 серых : 1 темных, ♂ 3 серых : 3 желтых : 1 темных : 1 оливковых	F1 серое F2 ♀ серые, ♂ серые и желтые	F1 желтое F2 желтое

Определите генотипы всех скрещиваемых форм.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

*Айала Ф., Кайгер Дж.* Современная генетика, Т1. – М.: Мир, 1987. – 296 с.

*Айала Ф., Кайгер Дж.* Современная генетика, Т3. – М.: Мир, 1987. – 335 с.

*Ватти К.В., Тихомирова М.М.* Руководство к практическим занятиям по генетике. – М.: Просвещение, 1972. – 173 с.

*Ватти К.В., Тихомирова М.М.* Сборник задач по генетическому анализу. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1973. – 50 с.

*Каминская Э.А.* Сборник задач по генетике. – Минск: Высшая школа, 1977. – 127 с.

*Орлова Н.Н.* Генетический анализ. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 318 с.

*Хелевин Н.В., Лобанов А.М., Колесова О.Ф.* Задачник по общей и медицинской генетике. – М.: Высшая школа, 1984. – 159 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Моногибридное скрещивание.....	4
2. Ди- и полигибридные скрещивания.....	13
3. Взаимодействие неаллельных генов.....	28
4. Наследование признаков, сцепленных с полом.....	51
5. Сцепленное наследование. Кроссинговер.....	64
6. Анализ родословных.....	90
7. Тетрадный анализ и митотический кроссинговер.....	107
8. Мутации.....	113
9. Популяционная генетика.....	123
10. Циклические скрещивания в генетическом анализе.....	131
Таблица распределения $\chi^2$ .....	149
Использованная литература.....	150