МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Е. В. Трояновская, Ю. Н. Алейникова

СЕЛЕКЦИЯ РЫБ

Рекомендовано учебно-методическим объединением в сфере высшего образования Республики Беларусь по образованию в области сельского хозяйства в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0831-01 Водные биоресурсы и аквакультура

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 639.3.04(075.8)
ББК 47.2я73
Т76

Рекомендовано методической комиссией
факультета биотехнологии и аквакультуры 28.10.2024 (протокол № 2)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
27.11.2024 (протокол № 4)

Авторы:
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Е. В. Трояновская*;
старший преподаватель *Ю. Н. Алейникова*

Рецензенты:
кандидат биологических наук, доцент *Т. В. Павлова*;
кандидат сельскохозяйственных наук *М. В. Книга*

Трояновская, Е. В.

Т76 Селекция рыб : учебно-методическое пособие / Е. В. Трояновская, Ю. Н. Алейникова. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2026. – 130 с.

ISBN 978-985-882-832-5.

Перечислены вопросы, входящие в программу по дисциплине «Селекция рыб», раскрыты теоретические основы вопросов, связанных с селекцией рыб, даны примеры решения практических задач, выделены основные вопросы блоков модуля, представлены тестовые задания для выполнения и сдачи контрольной работы.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0831-01 Водные биоресурсы и аквакультура.

УДК 639.3.04(075.8)
ББК 47.2я73

ISBN 978-985-882-832-5

© Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Селекция рыб» неразрывно связана с генетикой, вместе с тем она имеет свои задачи, предмет и методы исследования. Селекция – это наука о путях создания новых и улучшения существующих пород домашних животных, сортов культурных растений, штаммов микроорганизмов с ценными для человека признаками и свойствами. По образному выражению Н. И. Вавилова, селекция представляет собой эволюцию, управляемую человеком.

Селекция в рыбоводстве направлена на создание новых пород рыб и совершенствование существующих. Селекция рыб использует генетическую изменчивость, присущую всем живым организмам. Интенсификация рыбоводческой отрасли повышает роль селекции в совершенствовании существующих пород рыб и внутрипородных групп, требует применения более совершенных методов, с помощью которых использовалась бы не только аддитивная наследственность, но и комбинативный эффект генотипов в результате правильного подбора. Селекционно-генетические мероприятия необходимы при создании новых пород рыб, а также для их одомашнивания, при воспроизводстве озерно-речных, проходных и морских рыб, при обеспечении охраны запасов диких видов рыб, не воспроизводимых человеком. При селекции рыб следует учитывать как общие для всех организмов генетические закономерности, так и данные по частной генетике объектов разведения. Данные по частной генетике рыб имеют огромное значение для работ по селекции. Чтобы изменить какой-либо признак в желаемом направлении, селекционер должен располагать сведениями об особенностях наследования этого признака и роли генетических факторов в его изменчивости. Таким образом, данные по частной генетике необходимы для разработки научных основ селекции и племенного дела.

В результате изучения учебной дисциплины «Селекция рыб» студент должен **знать:**

- состояние и перспективы развития товарного рыбоводства с учетом достижений науки и передового опыта;
- биологические и хозяйственные особенности, основные виды и породы рыб, их продуктивность и направления использования, теоретические основы и задачи племенной работы в прудовом рыбоводстве;

- основные методы селекционно-племенной работы, применяемые в прудовом и индустриальном рыбоводстве;

- породы рыб, выращиваемых в рыбоводных хозяйствах Республики Беларусь;

уметь:

- разрабатывать и внедрять план селекционно-племенной работы в условиях конкретного рыбхоза;

- производить бонитировку производителей и формировать маточное стадо;

- организовать правильную систему воспроизводства и выращивания молоди в условиях хозяйства;

владеть: методами разведения и селекции, применяемыми в рыбоводстве.

Основными задачами учебной дисциплины являются: изучение породного и видового состава популяции прудовых рыб Беларуси, освоение методов разведения и приемов селекции, повышающих продуктивность рыбоводства.

В период сессии студенты слушают курс лекций и посещают лабораторные занятия в соответствии с тематическим планом. Посещение лекций, лабораторных занятий и положительная сдача контрольной работы являются допуском к экзамену по дисциплине «Селекция рыб». Выполнение контрольной работы в форме тестовых заданий позволяет систематизировать знания и в логической последовательности изучить материал данной дисциплины.

1. ПРОГРАММА КУРСА

1.1. Введение в курс «Селекция рыб»

Эффективность селекционной работы в рыбоводстве неразрывно связана с процессом направленного генетического совершенствования породного состава рыб различных видов. Для дальнейшего роста производства продуктов рыбоводства необходимо использование всех резервов селекционной работы, теоретической основой которой является генетика.

Данная тема знакомит студентов с предметом «Селекция рыб», основными направлениями, задачами и целью изучаемой дисциплины. Слово «селекция» переводится на русский язык как «отбор», но ее содержание не ограничивается отбором.

К основным задачам современной селекции относятся:

- создание новых и совершенствование существующих сортов, пород и штаммов с хозяйственно полезными признаками (скороспелость, устойчивость к болезням, вредителям и неблагоприятным климатическим условиям и т. д.);
- создание технологичных высокопродуктивных сортов, пород и штаммов, максимально использующих сырьевые и энергетические ресурсы планеты (максимальное использование корма животными, отзывчивость растений на удобрение и полив);
- повышение продуктивности сортов, пород и штаммов с единицы площади за единицу времени;
- повышение потребительских качеств продукции (вкусовых, внешнего вида, лежкости плодов и овощей, увеличение или, наоборот, снижение содержания белка, жиров, сахаров, клейковины и т. д.);
- уменьшение доли побочных продуктов и их комплексная переработка;
- уменьшение доли потерь от вредителей и болезней.

Интенсификация рыбоводной отрасли повышает роль селекции в совершенствовании существующих пород рыб, внутрипородных групп и отводков; требует применения более совершенных методов, с помощью которых использовалась бы не только аддитивная наследственность, но и комбинативный эффект генотипов в результате правильного подбора.

Селекционно-генетические мероприятия необходимы не только при создании новых пород рыб, но и при их одомашнивании (домести-

кации), а также при воспроизводстве озерно-речных, проходных и морских рыб, обеспечении охраны запасов диких видов рыб, не воспроизводимых человеком.

Одной из главных задач селекционеров и генетиков, работающих над выведением новых пород прудовых и садковых рыб, является повышение резистентности рыб к массовым болезням, формирование у них устойчивости к экстремальным условиям и новым технологиям выращивания. Важным является повышение продуктивных качеств одомашненных форм за счет ускорения их роста, повышения адаптивной способности и устойчивости.

Исходя из представления Н. И. Вавилова о содержании и задачах селекции, можно считать, что в селекцию рыб входят следующие основные разделы:

1. Изучение породного и видового разнообразия рыб.

2. Анализ закономерностей наследования при гибридизации и мутационном процессе, основанный на данных частной генетики рыб.

3. Исследование роли водной среды в развитии признаков и свойств у селекционируемых рыб.

4. Разработка систем искусственного отбора, способствующих закреплению и усилению желательных признаков у рыб.

Селекция включает в себя два элемента единого процесса: отбор и подбор. Отбор, подбор и различные типы скрещивания являются основными методами селекции.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Предмет «Селекция рыб».
2. Генетические основы селекции.
3. Основные разделы селекции по Н. И. Вавилову.
4. История возникновения и развития селекции как науки.
5. Важнейшие направления, цели и задачи селекции в целом и в товарном рыбоводстве в частности.
6. Общие принципы селекции в рыбоводстве.
7. Основные методы селекции рыб.
8. Роль крупных ученых в развитии селекции рыб.
9. Значение селекции рыб в увеличении производства продукции рыбоводства.
10. Селекционные программы.
11. Технологические требования при селекции рыб.
12. Апробация селекционного достижения.

1.2. Методы изучения качественных и количественных признаков изменчивости у рыб

Все признаки у сельскохозяйственных животных делятся на две группы по характеру их изучения. Признаки, которые можно измерить с помощью измерительных приборов и выразить в конкретных единицах измерения, называют количественными. Признаки, которые невозможно измерить, так как нет еще таких приборов (не изобретены), и которые можно только сопоставить, сравнить, называют качественными или альтернативными.

На первом этапе изучения селекции рыб необходимо знание наследования основных качественных признаков рыб. Большинство внешних качественных признаков альтернативного характера у всех видов рыб наследуется в большей степени в соответствии с законами Менделя. Некоторые гены, отвечающие за альтернативный признак, обладают плейотропным действием и нередко связаны с проявлением хозяйственно полезных признаков. Незнание этих фактов нередко приводит к снижению жизнеспособности потомства и продуктивных качеств рыб.

Под качественными признаками понимают альтернативные контрастирующие особенности. Изменчивость по таким признакам выражена в ограниченном числе четко различающихся дискретных типов.

Среди промысловых рыб карп до недавнего времени был практически единственным объектом генетических исследований. Поэтому достаточно хорошо изучена изменчивость у карпа таких качественных признаков, как чешуйчатый покров и окраска тела.

По характеру чешуйчатого покрова карпы делятся на четыре основных типа:

– чешуйчатые – чешуя правильными рядами покрывает все тело (*SSnn*, *Ssnn* – чешуйчатые);

– разбросанные – крупные («зеркальные») чешуи разбросаны по всему телу, иногда образуют более или менее правильные, прерывистые или непрерывные ряды (*ssnn* – разбросанные);

– линейные – крупные чешуи образуют ровный, как правило, непрерывный ряд вдоль боковой линии; иногда могут проявляться дополнительные ряды чешуи (*SSNn*, *SsNn* – линейные);

– голые – тело практически лишено чешуи, немногочисленные чешуи могут находиться у основания плавников (*ssNn* – голые).

Разбросанных и линейных карпов иногда называют обобщенным термином «зеркальные».

Установлено, что тип чешуйчатого покрова у карпа определяется двумя парами аутосомных генов, не сцепленных друг с другом, каждый из которых имеет по два аллеля – *S, s* и *N, n.* Сочетание аллелей этих двух генов определяет следующие генотипы и фенотипы карпа по чешуйчатому покрову.

Аллель *N* в гомозиготном состоянии обладает летальным эффектом, поэтому карпы с генотипами *SSNN, SsNN* и *ssNN* нежизнеспособны, эмбрионы, получившие два гена *N,* погибают на стадии вылупления или вскоре после выхода личинки из оболочки. Скрещивание карпов – носителей гена *N* – дает в потомстве 25 % нежизнеспособных гомозигот *NN.*

Генетическая изменчивость по окраске тела у карпа (как и у других рыб) связана с мутациями генов, влияющих на синтез пигментов или на структуру пигментных клеток. Генетический анализ показал, что ряд типов окраски контролируется аутосомными генами, не сцепленными друг с другом и с генами чешуйчатого покрова.

Чешуйчатый карп и сазан обычно имеют серебристо-серую с зеленоватым отливом окраску тела, более темную со стороны спины и почти белую со стороны брюшка. У форм с редуцированным чешуйчатым покровом (разбросанные, линейные и голые) окраска кожи зеленовато- или желтовато-коричневая. Наряду с такими «нормальными» рыбами встречаются карпы с измененной окраской – хромисты.

Голубые карпы часто встречаются среди различных одомашненных породных групп. Наследуется голубая окраска как простой рецессивный аллель. Скрещивание голубых карпов друг с другом дает в потомстве только голубых рыб.

Гены чешуйчатого покрова обладают широким плейотропным действием. Особенно сильное действие оказывает ген *N*. Различия по жизнеспособности между карпами с генотипами *Nn* и *nn* очень высокие; гетерозиготы отличаются сильно пониженной выживаемостью. Даже при сравнительно благоприятных условиях выращивания карпов наблюдается довольно существенное отклонение от ожидаемых отношений.

Линейные и голые карпы отличаются замедленным темпом роста и пониженной жизнеспособностью. Различия в выживаемости между карпами, несущими ген *N* и лишенными этого гена, резко усиливаются при неблагоприятных условиях содержания рыб.

Плейотропное действие аллеля s гораздо слабее, хотя между чешуйчатыми и разбросанными карпами наблюдаются определенные различия по ряду признаков.

Разбросанные карпы вполне жизнеспособны, но в случае неблагоприятных условий содержания количество чешуйчатых особей повышается при возвратном скрещивании до 52–55 % за счет их более высокой жизнестойкости. Доминантность гена S является неполной. Гетерозиготные чешуйчатые карпы (*Ssnn*) растут несколько быстрее гомозиготных (*SSnn*); у гетерозигот чаще наблюдаются нарушения в расположении чешуи на теле.

При благоприятных условиях выращивания разбросанные карпы практически не уступают чешуйчатым по темпу роста и жизнеспособности.

Пониженная выживаемость карпов с геном *N* является следствием неблагоприятного действия этого гена на большое число признаков. Аллели *S* и *s* также обладают плейотропным эффектом, но он выражен значительно слабее. Многие органы карпа изменяются под влиянием генов чешуи, меняются при этом и морфологические, и физиологические особенности. По массе чешуйчатые карпы обычно оказываются немного лучше разбросанных, особенно если их не подкармливают. Линейные и голые карпы растут медленнее других, это отставание усиливается при недостатке корма. Несмотря на замедленный рост линейных и голых карпов, коэффициенты использования корма у них более высокие. Отличаются они и повышенным жировым обменом – летом у линейных и голых карпов жир накапливается быстрее, зимой расходуется в бóльших количествах, чем у чешуйчатых и разбросанных. С этой особенностью связана пониженная зимостойкость сеголетков, имеющих ген *N*.

Редукция жаберного аппарата и уменьшение числа глоточных зубов, возможно, являются главными факторами, обусловливающими замедленный рост линейных и голых карпов. Вместо обычных для сазана трехрядных зубов у карпов этих двух групп часто встречаются двурядные и однорядные зубы.

Очень характерным является действие генов *N* и *s* на плавники карпа. У разбросанных карпов число мягких лучей в спинном плавнике оказывается несколько сниженным, если сравнивать их с чешуйчатыми карпами. Уменьшено у них и число лучей в брюшном и грудном плавниках. При наличии гена *N* действие гена *s* проявляется сильнее, редукция всех плавников (спинного, анального, брюшных и грудных) у голых карпов (*s, N*) выражена в значительно большей степени, чем у линейных (*S, n*), редуцирующее влияние гена *N* оказывается во много раз большим. У чешуйчатых и разбросанных карпов плавники имеют нормальное строение. У линейных и голых карпов некоторые мягкие

лучи в средней, а иногда и в задней части спинного плавника не развиваются совсем и общее число лучей заметно уменьшается. Сильная редукция захватывает обычно и анальный плавник, в меньшей степени затронуты брюшные и грудные плавники. Уменьшено и число жестких лучей в спинном и анальном плавниках.

Большое внимание при разведении особо ценных видов рыб в настоящее время уделяют изучению характера наследования биохимических различий, которое осуществляется в двух направлениях – иммуногенетика рыб и биохимический полиморфизм белков и ферментов. Важность этих исследований заключается в том, что определенно четко стало известно о взаимосвязи между составом белков крови или мышечной ткани с продуктивными показателями (скорость роста, воспроизводительные качества и др.). Выявлена положительная и отрицательная корреляционная зависимость между этими признаками.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Полиморфные системы.
2. Качественные признаки рыб.
3. Количественные признаки рыб.
4. Определение массы тела рыб.
5. Признак, к которому относится окраска тела рыб.
6. Тип чешуйчатого покрова, встречающийся у рыб.
7. Тип признаков, к которому относят наследование чешуйчатого покрова у карпа.
8. Типы чешуйчатого покрова у карпа.
9. Генотип, определяющий чешуйчатый тип покрова у карпа.
10. Генотип, определяющий голый тип покрова у карпа.
11. Генотип, определяющий линейный тип покрова у карпа.
12. Генотип, определяющий разбросанный тип покрова у карпа.
13. Тип покрова, с которым получаются мальки при скрещивании генотипов карпа *SSnn* × *ssnn*.
14. Тип покрова, с которым получаются мальки при скрещивании генотипов карпа *Ssnn* × *ssnn*.
15. Тип покрова, с которым получаются мальки при скрещивании генотипов карпа *ssNn* × *ssnn*.
16. Тип покрова, с которым получаются мальки при скрещивании генотипов карпа *SSNn* × *ssnn*.
17. Тип покрова, с которым получаются мальки при скрещивании генотипов карпа *SsNn* × *ssnn*.

18. Особенности исследования и методы изучения количественных признаков.

19. Использование основных биометрических констант при изучении количественных признаков (генотипическая и фенотипическая изменчивость, коэффициент наследуемости, корреляционный и регрессионный анализ).

20. Значение количественных признаков в эволюции и селекции.

21. Полиплоидия в эволюции селекции рыб, перспективы ее использования в селекции.

1.3. Селекционные признаки продуктивности в товарном рыбоводстве

Для повышения продуктивности рыб селекционеры используют различные способы:

а) ускорение роста за счет более полного использования корма на прирост (снижение кормового коэффициента), т. е. лучшего усвоения пищи;

б) ускорение роста за счет более полного выедания кормовых организмов, населяющих пруды;

в) повышение устойчивости рыб к неблагоприятным влияниям среды (резким колебаниям температуры, дефициту кислорода, загрязнению водоемов и т. д.);

г) повышение устойчивости рыб к инвазионным и инфекционным заболеваниям, характерным для данной местности и трудно поддающимся обычным мерам лечения и профилактики;

д) увеличение или уменьшение плодовитости рыб, изменение сроков нереста, растягивание или сжатие периодов размножения;

е) улучшение товарных качеств выращиваемых рыб.

Современная организация рыбного хозяйства немыслима без познания основных закономерностей роста и развития рыб, особенно динамики увеличения массы тела и накопления общей ихтиомассы популяции. Рыбопродукция является суммарным выражением взаимозависимости многих экологических факторов, индикатором биологического состояния популяции. По величине годового прироста можно судить о характере условий среды и направлении ее реконструкции, правильно рассчитать рациональное промысловое изъятие и соответствующую систему рыбохозяйственных мероприятий.

Рост рыбы является видовым приспособлением к условиям среды, однако следует помнить о некоторых особенностях.

1. Рыбы растут в течение всей жизни, однако наиболее интенсивный рост наблюдается в период до достижения ими половой зрелости. У большинства видов самки крупнее, чем самцы (половой диморфизм), что связано с более ранним половым созреванием самцов, тормозящим соматический рост.

2. Скорость роста рыб сильно подвержена влиянию условий среды. Как и у всех пойкилотермных животных, рост рыб зависит от температуры воды. Существенное влияние на рост рыб оказывают также обеспеченность их пищей, качество корма, гидрохимический режим водоема и т. п. Влияние любого из перечисленных факторов, особенно температуры и условий питания, приводит к огромным различиям по средней массе у особей одного и того же возраста и происхождения. У рыб при определенных неблагоприятных условиях возможна полная остановка роста в продукционном возрасте (чего обычно не наблюдается у теплокровных домашних животных).

3. Изменчивость массы тела рыб характеризуется определенной динамикой. После завершения эмбриогенеза внутрипопуляционная изменчивость невелика: коэффициент вариации массы у личинок составляет 2–3 %; у мальков он выше – 40–50 %. В дальнейшем изменчивость несколько снижается, составляя у сеголетков 20–30 %, двухлетков – 15–20 %, трехлетков – 12–15 %, у старших возрастных групп – около 10 %. Возрастное снижение изменчивости связано с уменьшением влияния условий среды на рост, а также с компенсационным ростом: отстающие особи догоняют остальных, что приводит к снижению общей изменчивости признака.

4. При совместном выращивании большое влияние на рост рыб может оказывать фактор взаимодействия – более крупные рыбы угнетают рост более мелких; последнее приводит к усилению индивидуальных различий.

Достижение селекционных целей требует проведения большой, хорошо продуманной и нередко очень длительной селекционной работы. Особенно трудно достигается изменение признаков, связанных с размножением. Не менее сложна и селекция на устойчивость к заболеваниям. При работе с одомашненными рыбами, разводимыми в измененных условиях обитания (садки, бассейны, водохранилища тепловых электростанций и другие искусственные водоемы), возникают дополнительные трудности, преодоление которых требует определенного опыта. Необходимо решение таких задач, как:

– приспособление к новой среде обитания;

– к новым видам кормов;

– к новым способам размножения.

Названные задачи включаются рыбоводами во все селекционные программы.

Задачи селекции при работе с неодомашненными пресноводными рыбами иные:

– сохранение сложной естественной популяционной структуры каждого вида;

– сохранение высокой гетерозиготности каждой популяции;

– ускорение роста и повышение устойчивости икры, личинок и молоди разводимых рыб;

– увеличение плодовитости;

– сокращение времени пребывания молоди проходных рыб в пресных водоемах;

– улучшение товарных качеств рыб и др.

В промысловом рыбном хозяйстве перед селекционерами стоит еще одна важная задача – сохранение запасов основных объектов промысла. Это прежде всего работа, направленная на предотвращение вырождения вида (в частности, измельчения) в результате чрезмерного или неправильно организованного вылова.

В разведении используются два термина, сходные по звучанию и разные по значению, – рост и развитие. Ускорение роста рыбы, т. е. увеличение ее массы и длины в более короткий промежуток времени, является основной задачей селекционной работы. Необходимо учитывать, что рост рыбы зависит от внутренних и внешних факторов. Процесс роста у рыб значительно замедляется с началом периода интенсивного развития организма. Выживание рыбы, т. е. сохранение ее жизнеспособности, также имеет большое значение и относится к первостепенным задачам в селекционной работе. Данный показатель является альтернативным, однако он позволяет оценить эффективность рыборазведения. Селекция на эффективность использования корма рыбами должна быть направлена на снижение кормового коэффициента и адаптацию рыб к различным условиям кормления. Пищевая ценность рыбной продукции – это завершающая часть селекционной работы, направленная на выведение объектов рыбоводства с наиболее выгодным соотношением съедобных и несъедобных частей тела рыб для потребителя. Большое значение для маркетинга имеют вкусовые качества и химический состав мяса, а у некоторых видов рыб – снижение костистости. Увеличение выхода съедобных частей и улучшение вкусовых качеств мяса рыб имеет большое хозяйственное значение для всей рыбоводной отрасли в целом.

Скорость роста является важным селекционным признаком. На рост и развитие животных влияют наследственные факторы и факторы окружающей среды.

Влияние наследственных факторов. Наследственность обусловливает деятельность желез внутренней секреции, нервной системы и закономерности онтогенеза, что определяет рост и развитие животных. Особо важная роль в формообразовательных процессах принадлежит ДНК, РНК и белкам.

К наследственным факторам (генотипу) относятся вид животного, порода, направление продуктивности, тип, гибридизация.

На ранних стадиях развития животного в его организме формируется эндокринная система, которая становится впоследствии внутренним регулятором процессов роста и развития. Важнейшую роль при этом выполняют гипофиз, щитовидная и половые железы, гормоны которых оказывают специфическое действие на организм.

Влияние внешних факторов. Из многочисленных факторов внешней среды наиболее существенное влияние на показатели роста и развития оказывают кормление и условия содержания. Рост рыбы, как и других животных, зависит от совокупности внутренних и внешних факторов.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Скорость роста у рыб и методы ее оценки.
2. Жизнеспособность рыб.
3. Устойчивость рыб к заболеваниям.
4. Эффективность использования рыбами корма.
5. Пищевая ценность рыб.
6. Понятие о росте и развитии. Отличия, характеристика данных процессов. Продукция, продуктивность в рыбоводстве. Показатели позволяющие оценить продуктивность рыб.
7. Изменение массы рыб в различные возрастные периоды.
8. Важнейшие направления селекционной работы с карпом. Породы карпа.
9. Важнейшие направления селекционной работы с осетровыми рыбами. Виды осетровых рыб, разводимых на территории Республики Беларусь.
10. Основные направления селекции форели. Виды форели, разводимой, на территории Республики Беларусь.
11. Важнейшие направления селекционной работы с растительноядными рыбами. Виды растительноядных рыб, разводимых на территории Республики Беларусь.

12. Селекция рыб на улучшение их жизнеспособности и устойчивости к заболеваниям.

13. Селекция рыб на улучшение эффективности использования корма. Показатели, характеризующие эффективность использования корма рыбами.

14. Селекция рыб на улучшение пищевой ценности. Показатели, характеризующие пищевую ценность рыб.

15. Долголетие рыб (хозяйственное и биологическое). Примеры долголетия разных видов рыб, разводимых на территории Республики Беларусь.

16. Основные направления селекции рыб с пресноводными рыбами.

17. Основные направления селекции с пелядью.

18. Основные направления селекции с одомашненными пресноводными рыбами.

19. Основные направления селекции с неодомашненными пресноводными рыбами.

20. Основные направления селекции с пресноводными проходными рыбами.

21. Фактор взаимодействия.

22. Продуктивность рыб. Массонакопление.

23. Требования при выращивании рыб при селекции.

24. Классификации рыб естественных водоемов по темпу роста.

1.4. Воспроизводительная способность рыб

Размножение – это важнейший жизненный процесс, обеспечивающий воспроизводство популяции и сохранение вида. Этот процесс у рыб имеет ряд специфических черт, так как данные животные живут в воде. Прежде всего, это наружное оплодотворение и большое количество икры, оставляемой одной особью после выметывания.

Однако у большинства рыб оплодотворение и инкубация икры в воде влечет за собой большую гибель потомства на ранних стадиях онтогенеза, поэтому для сохранения вида в процессе эволюции у рыб выработалась или большая плодовитость, или забота о потомстве. В рыбоводстве важны прежде всего показатели плодовитости самок. Различают три вида плодовитости: индивидуальную, относительную и рабочую плодовитость.

В селекционной работе при оценке воспроизводительной способности используют различные методы, позволяющие определить:

1) плодовитость самок;

2) при оценке самцов – объем эякулята;
3) средний диаметр икринок;
4) среднюю массу икринок;
5) цвет икры;
6) запах икры;
7) клейкость икры;
8) выживаемость потомства в процессе эмбрионального развития;
9) выход личинок.

Признаки плодовитости у рыб подвержены сильному влиянию внешней среды.

Скорость полового созревания, как и плодовитость, относится к числу важнейших характеристик воспроизводительной способности. У рыб с медленным половым созреванием (осетровые, растительноядные рыбы и др.) селекция направлена на получение зрелых производителей в более раннем возрасте. Это позволяет снизить затраты на выращивание племенного материала, ускорить смену поколений и селекционный процесс в целом. В северных районах это направление селекции является весьма актуальным для большинства видов рыб.

Однако с хозяйственной точки зрения важно, чтобы половое созревание наступало только после достижения рыбами товарной массы. Поскольку по мере приближения половой зрелости темп роста рыб существенно снижается. Замедление соматического роста у самок наблюдается при переходе гонад в третью стадию зрелости. Поэтому в южных районах иногда возникает необходимость проведения селекции на более позднее половое созревание.

Время готовности производителей к нересту представляет практический интерес в работах со многими видами рыб. У растительноядных рыб и форели более раннее созревание позволяет повысить рыбопродуктивность прудов за счет их зарыбления в более ранние сроки. При разведении сиговых рыб необходимо иметь позднонерестящиеся формы. Это дает возможность приурочить сроки получения личинок ко времени массового развития кормовых организмов в водоеме.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Размножение. Особенности размножения рыб. Приспособленность рыб к процессам размножения.
2. Плодовитость рыб. Изменение (варьирование) плодовитости в зависимости от вида рыб, способа откладки икры, от физиологических факторов.

3. Классификация плодовитости по способу ее вычисления.

4. Показатели, характеризующие плодовитость рыб.

5. Корреляция показателей плодовитости с другими показателями.

6. Половая зрелость. Сроки наступления половой зрелости у разных видов рыб.

7. Классификация экологических групп рыб по способу откладки икры.

8. Изменчивость по времени полового созревания у различных видов рыб и рыб разного возраста.

9. Приспособленность рыб к заводскому воспроизводству.

10. Сроки созревания производителей в нерестовый период.

1.5. Признаки, коррелирующие с признаками продуктивности у рыб

Организм животного представляет собой целостную систему, в которой все признаки функционально связаны между собой. Селекция по какому-либо одному хозяйственно ценному показателю приводит к корреляционному изменению многих других признаков: меняется внешний вид животного, строение и функционирование его внутренних органов, особенности поведения. Односторонний интенсивный отбор по показателям продуктивности может привести к ослаблению жизнеспособности животного. Так, следствием селекции на ускоренный темп роста у форели может быть цирроидное перерождение печени.

Совокупность морфологических и физиологических признаков организма называют *конституцией*. Различают внешние (экстерьерные) и внутренние (интерьерные) конституциональные признаки.

К экстерьерным признакам, учитываемым при селекции, относят: характер телосложения, окраску наружных покровов, тип чешуйчатого покрова (у карпа), отсутствие внешних дефектов, признаки породы.

Телосложение – соотношение размеров различных частей тела, учитывается при селекции практически всех животных.

В процессе одомашнивания и селекции рыб (особенно карпа) показатели телосложения сильно изменились. Культурным формам, отселекционированным по темпу роста, свойственны более высокоспинная (округлая) форма тела, высокое значение некоторых индексов телосложения.

К интерьерным признакам, характеризующим качество продукции, относят такие показатели, как содержание жира и число межмышечных косточек. Для оценки селекционного материала используют и

другие признаки: строение осевого скелета и количество позвонков, относительную длину кишечника, особенности морфологии плавательного пузыря. Сложность работ со всеми этими признаками (как и с другими интерьерными показателями) состоит в трудности их прижизненной оценки. Иногда для этой цели используют рентгеновские установки.

Физиологические признаки до настоящего времени не нашли широкого использования в селекционной работе с рыбами. Некоторые из них представляют интерес как возможные физиологические тесты на продуктивность. К числу таких признаков относятся гематологические показатели, устойчивость к гипоксии, уровень обмена и др.

Установлено, что двухлетки карпа, отстающие в росте, характеризуются относительно невысоким содержанием гемоглобина в крови. Однако наиболее низкое значение этого показателя имеют особо крупные рыбы (рекордисты). Таким образом, интенсивный отбор по массе тела без учета гематологических показателей может привести к нежелательным последствиям, а именно к снижению общей жизнеспособности рыб, связанной с анемией. Особи с повышенным уровнем гемоглобина отличаются большей устойчивостью к кислородному голоданию. Специальными опытами установлено, что у карпа устойчивость к гипоксии тесно коррелирует с жизнеспособностью, а в некоторых случаях и со скоростью роста.

Устойчивые к дефициту кислорода особи имели повышенное содержание сухого вещества в мышцах; они отличались также более высокой активностью фермента цитохромоксидазы и повышенной бактерицидной активностью сыворотки крови, что свидетельствует о повышении общей (неспецифической) устойчивости организма.

Устойчивость к гипоксии является весьма стабильным признаком. В наших опытах основная часть карпов (70–75 %), определенная в возрасте годовиков как устойчивая, проявила более высокую устойчивость к гипоксии и при осенней оценке двухлетков; то же наблюдалось и в группе неустойчивых.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Морфологические признаки у рыб.
2. Физиологические признаки у рыб.
3. Конституция животных. Конституциональные признаки. Оценка рыб по качественным признакам.
4. Экстерьер животных. Оценка рыб по экстерьеру.

5. Индексная характеристика.

6. Телосложение. Оценка рыб по особенностям телосложения. Показатели телосложения.

7. Оценка рыб по интерьеру.

1.6. Биологические особенности рыб как объектов селекции

Основные биологические особенности рыб связаны с различиями в онтогенезе.

Онтогенез – это развитие организма начиная с оплодотворения яйцеклетки и образования зиготы.

Оплодотворенная икринка – это уже развивающийся зародыш, это начало нового онтогенеза. Индивидуальное развитие заключается в постепенной реализации наследственной информации, полученной от родителей. Индивидуальное развитие включает ряд этапов. На этапе оплодотворения, после проникновения сперматозоида в икринку, наблюдаются сложные преобразования и перемещения ее содержимого. Через 2–15 мин после осеменения икринки некоторых видов рыб (осетровые, карповые и др.) становятся клейкими и приклеиваются к субстрату. Оболочки икринок набухают в воде, становятся прозрачными и прочными. Икринки значительно увеличиваются в объеме.

Основные этапы онтогенеза рыб – это эмбриональный и постэмбриональный периоды.

Эмбриональный период – это развитие от момента оплодотворения икринки до начала перехода на внешнее питание. Эмбрион питается за счет желтка – запаса пищи, полученного от материнского организма. Этот период можно разделить на два подпериода:

1) подпериод икринки, или собственно эмбриона;

2) подпериод свободного эмбриона, или предличинки.

В эмбриональный период процессы синтеза (А – ассимиляция) в организме эмбриона преобладают над процессами распада сложных органических веществ (Д – диссимиляция). Эмбриональный период обычно довольно четко отграничен от послезародышевого. У рыб он характеризуется выходом зародыша из лицевых и зародышевых оболочек. Зародышевый период состоит из трех этапов: дробление яйца, обособление зародышевых листков и формирование отдельных органов – органогенез.

Во время эмбриогенеза у зародыша изменяется форма тела, обособляется хвостовой отдел, формируются отделы головного мозга, закладываются органы чувств и железы внутренней секреции.

В постэмбриональном периоде осуществляются формообразовательные процессы, определяемые прежде всего генотипом организма, а также факторами внешней среды. Постэмбриональный период включает в себя до шести последовательных стадий развития.

Личиночный период – это первый этап постэмбрионального развития рыбы. Желточный мешок у предличинки вскоре полностью рассасывается, и личинка переходит на внешнее питание. Внешний вид и внутреннее строение личинки еще не принимают облика взрослой особи (А > Д).

Мальковый период – внешний вид малька близок к облику взрослого организма. Половые органы недоразвиты, вторичные половые признаки обычно отсутствуют (А > Д).

Период полувзрослого (неполовозрелого) организма (ювенальный период) – начинается быстрое развитие половых желез и вторичных половых признаков, но организм еще не способен к размножению (А > Д).

Период взрослого (половозрелого) организма – состояние, при котором в определенное время года организм способен воспроизводить себе подобных; вторичные половые признаки, если они свойственны данному виду, имеются (А = Д).

Период старости – половая функция затухает, рост в длину прекращается или замедляется (А < Д).

Смерть – естественная гибель организма.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Понятие онтогенеза.
2. Основные звенья жизненного цикла рыб.
3. Особенности онтогенеза у рыб.
4. Роль человека в искусственной регуляции онтогенеза рыб.
5. Эмбриональное развитие рыб.
6. Влияние факторов окружающей среды на процессы индивидуального развития рыб.
7. Постэмбриональное развитие рыб.
8. Критические периоды развития рыб в онтогенезе.
9. Закономерности роста и развития рыб на различных этапах онтогенеза.
10. Свойства, позволяющие эффективно вести селекцию на рыбах.
11. Особенности рыб, создающие серьезные трудности при проведении селекционной работы.

1.7. Методы разведения рыб

Методы разведения – это система подбора сельскохозяйственных животных с учетом их породной, видовой и линейной принадлежности для решения определенных зоотехнических задач.

Существует два основных метода разведения рыб – чистопородное и различные формы скрещивания. Методы разведения классифицируются как по цели и форме, так и по результатам их применения. Биологическая сущность методов различна. При чистопородном разведении получают потомков с одинаковой наследственностью, которые по типу и продуктивным качествам сходны со своими родителями. Помесным животным присущи повышенная изменчивость и высокий уровень обмена веществ, нередко пышное развитие, что обусловлено гетерозисом. Племенные животные используются для воспроизводства и ремонта основного стада, а также для получения племенной продукции. Товарные животные предназначаются для получения различных видов животноводческой продукции и для дальнейшего разведения не используются.

Внутрипородное разведение без учета генеалогической принадлежности подбираемых особей называется чистопородным. Если у подбираемых особей известна генеалогическая принадлежность и она учитывается для получения определенных результатов (внутрилинейных животных, кроссов, гибридов и др.), то такое разведение называется линейным или близкой гибридизацией.

Принадлежность животного к породе в настоящее время принято устанавливать по племенным записям. В рыбоводстве генеалогические записи не ведутся. Генеалогическую принадлежность у ценных видов рыб и отдельных производителей определяют по гематологическим показателям и биохимическому полиморфизму белков (генэкспертиза). Чистопородными считаются животные, у которых чистопородны и отец и мать, а также животные, полученные от поглотительного скрещивания, но не ниже четвертого и пятого поколений по улучшающей породе.

В рыбоводстве чистопородным разведением называют систему скрещивания рыб, принадлежащих к одной породе. Потомство, полученное при таком разведении, называют чистым. Главная задача чистопородного разведения – это сохранение и совершенствование породных качеств рыб. Каждая порода – это ценный материал, большая народно-хозяйственная ценность, которую необходимо сохранять в

чистоте, но непременно вести работу по совершенствованию каждой породы. Если прекратить работу по улучшению продуктивных помесей той или иной породы рыб, то это может привести к вырождению и в конечном итоге к исчезновению данной породы рыб.

Важнейшей биологической особенностью чистопородных животных является стойкая передача по наследству породных качеств, закрепленных отбором и длительным однородным подбором. Чистопородные животные отличаются незначительной изменчивостью признаков отбора, желательным типом экстерьера и форм телосложения, характерной продуктивностью.

К важнейшим условиям, обеспечивающим успешное решение задач чистопородного разведения,

относятся:

- направленное выращивание ремонтной молоди и создание для рыб максимально благоприятных условий кормления и гидрохимического режима в водоемах;
- правильная оценка племенной ценности маточного поголовья;
- целенаправленный методический отбор и подбор;
- существование в породе разнокачественных структурных элементов (отводок, семейств и др.);
- достаточно большое поголовье разводимых рыб и максимально широкий ареал рыборазведения данной породы;
- высокий уровень культуры ведения селекционной работы.

Чистопородное разведение является основным методом разведения сельскохозяйственных животных, на котором базируется межпородное разведение, т. е. без чистопородного разведения кроссы пород и товарная гибридизация существовать не могут. Для всех видов межпородного скрещивания необходимы хорошо отселекционированные заводские породы.

При чистопородном разведении для создания высокоинбредных линий, кроссов или семейств используют иногда близкородственное скрещивание, или инбридинг. Инбридинг – это скрещивание животных, находящихся в родстве. Родственное спаривание на одного общего предка называется простым инбридингом. Инбридинг называется комплексным, если при получении потомства в системе скрещивания использовалось несколько общих предков. По цели использования инбридинг бывает двух видов целенаправленный и бессистемный.

Генетическая сущность инбридинга.

При инбридинге генетическая структура популяции изменяется в сторону увеличения гомозиготности и снижения гетерозиготности (меньше генотипов $2Pg_{(Aa)}$ и больше генотипов P^2_{AA} и g^2_{aa}).

1. Биологические процессы при инбридинге не проходят бесследно для наследственности, они ее изменяют.

2. Под влиянием инбридинга идет глубокая анатомо-физиологическая перестройка организма, которая может привести к снижению резистентности организма, снижению плодовитости и измельчению потомства.

3. При инбридинге происходит возрастание гомозиготности, как по доминантным, так и по рецессивным признакам.

4. Инбредную депрессию можно снизить путем аутбридинга и повышения гетерозиготности. Чем выше гетерозиготность популяции, тем меньше последствия инбредной дегенерации.

5. Чем выше гомозиготное состояние популяции, тем сильнее будет проявляться инбредная дегенерация.

6. Если организм побеждает условия, в которые его поставил инбридинг, то появляется что-то новое в наследственности. Новообразование признаков при инбридинге возможно только за счет мутаций.

7. Основная цель родственного разведения – сохранение конкретных наследственных особенностей того или иного выдающегося предка.

Межпородное разведение (скрещивание) – это такое разведение, при котором потомство получают от родительских форм, принадлежащих к разным породам. Животных, полученных в результате межпородного скрещивания, называют помесями или межпородными гибридами в зависимости от целей и результатов использования метода. ***Разведение помесных животных отцовской формы с помесями материнской формы называется разведение «в себе».***

Биологические особенности межпородного скрещивания.

Впервые научное обобщение биологической сущности и практического значения межпородного скрещивания дано Ч. Дарвином, который показал, что скрещивание по своим биологическим последствиям является методом, диаметрально противоположным родственному подбору и чистопородному разведению. Поэтому от скрещивания следует ожидать результатов, противоположных тем, какие наблюдаются при разведении животных, находящихся в родстве. Если родственный (особенно тесный) инбридинг ведет к снижению жизнеспособности потомства, к обеднению и сужению его наследственных возможностей, то при скрещивании, наоборот, получаются животные повышен-

ной жизнеспособности (особенно у гибридов F_1), с *обогащенной, расширенной* вследствие высокой гетерозиготности *наследственной основой* и с *большими адаптивными способностями* к колеблющимся условиям среды по сравнению с чистопородными и линейными животными, особенно полученными в результате инбридинга. Скрещивание сопровождается *увеличением гетерозиготности* и получением помесных животных с лучшим развитием, большей конституциональной крепостью, стойкостью и *лучшей плодовитостью*.

Скрещивание ведет не только к соединению особенностей скрещиваемых форм, но и к различным *новообразованиям*, которые служат материалом для *отбора и выведения новых пород*. Сопровождаемое строгим отбором в нескольких поколениях, скрещивание представляет собой средство изменения *старых пород и образования новых*.

Помеси ввиду их повышенной наследственной неоднородности, наследственной неустойчивости и высокой гетерозиготности при дальнейшем разведении «в себе» дают вследствие расщепления более разнообразное *потомство и обнаруживают большую изменчивость* и разнотипность, чем животные чистопородные.

Скрещивание может служить хорошим средством:

1) объединения в помесях признаков исходных форм (пород);

2) обогащения наследственных возможностей животных;

3) повышения их жизнеспособности и продуктивности (использование явления гетерозиса);

4) увеличения пластичности животных и их податливости на различные внешние воздействия.

У помесей ослаблена «*избирательность*» к условиям внешней среды, ликвидирован «консерватизм» *наследственности*; такие организмы могут легче приспосабливаться к новым для них условиям и, следовательно, легче изменяться в соответствии с ними. Поэтому при практическом использовании скрещивания важно создать для помесей такие условия, при которых их развитие шло бы в направлении формирования нужных для человека типов животных.

При скрещивании происходит также *вытеснение* наследственности одной из исходных пород *наследственностью другой породы*. Это может иметь как положительное, так и *отрицательное значение*.

Помеси первого поколения, происшедшие от отца и матери, взятых от разных пород, намного однороднее помесей, которые получены от разведения «в себе» (Н. А. Кравченко, 1973). Помеси от помесей теряют гетерозис. У них происходит расщепление признаков, наблюдается появление нежелательных качеств (атавизм) и ломка сложившихся в

исходных породах корреляций, иногда приводящая к образованию «мозаичности», при которой одну особенность строения тела помеси наследуют преимущественно от одной породы, другую – от второй (например, асимметрия рогов у крупного рогатого скота). В результате этого скрещивание для получения пользовательных животных в большинстве случаев заканчивают на первом же поколении, не допуская их к размножению. Однако для получения новых комбинаций генов при скрещиваниях, нацеленных на племенное улучшение, спаривание помесей с помесями часто бывает полезным и даже необходимым.

Однородность помесей первого поколения относительно велика, но меньше по сравнению с чистопородными животными. Это не является исключением из правила Г. Менделя, так как большинство хозяйственно полезных признаков, по которым отбирают сельскохозяйственных животных, имеют полигенный (обусловленный не одним, а многими генами) характер наследования.

По своей цели и направлению существуют различные виды скрещиваний: поглотительное, вводное, воспроизводительное, простое промышленное и сложное промышленное.

Гетерозис – это явление, обладающее противоположными инбридингу биологическими и генетическими свойствами. При гетерозисе наблюдается проявление гибридной силы, приводящей к увеличению мощности, жизнеспособности, продуктивности у гибридов первого поколения (F_1) по сравнению с родительскими формами. Гетерозис впервые был обнаружен в 1772 г. И. Кельрейтером при скрещивании двух видов табака. Впервые ввел понятие «гетерозис» американский генетик В. Шеллом в 1914 г.

Гетерозис в природе возник вместе с проявлением диплоидности и полового процесса. Он свойствен всем организмам, способным размножаться при помощи половых гамет и процесса оплодотворения. Гетерозис по своей сущности подразделяется на соматический, репродуктивный и адаптивный.

Генетическая сущность гетерозиса.

Гетерозис является результатом взаимодействия многих генов. Множественное действие генов приводит к гетерозисному эффекту (Добжанский, 1952). И. М. Лернер (1954) и Н. В. Турбин (1961–1968) предположили, что при скрещивании происходит объединение оптимальных геномов обоих родителей и у потомков 1-го поколения возникает наиболее благоприятная ситуация в комбинации генов.

Гетерозиготность – это сбалансированное взаимодействие генов в геноме. ***Геном*** – основной гаплоидный набор хромосом (*n*), совокупность качественно различных хромосом, содержащих полный одинарный набор генов.

Существует несколько концепций, объясняющих генетическую природу гетерозиса. Наиболее широкое признание получили гипотезы сверхдоминирования и доминирования, предложенные еще в начале прошлого столетия.

Гипотеза ***сверхдоминирования*** объясняет возникновение гетерозиса за счет стимулирующего влияния гетерозиготности. При этом предполагается, что гетерозиготность сама по себе благоприятна для организма, иными словами, гетерозиготы имеют преимущество перед обоими типами гомозигот (*AA* < *Aa* > *aa*).

Подтверждением этому может служить так называемый моногенный гетерозис, обнаруженный у многих объектов, в том числе и у рыб. Так, у карпа гетерозиготы по гену чешуйчатого покрова (генотип *Ss*) обычно имеют преимущество по жизнеспособности и росту перед гомозиготными чешуйчатыми (*SS*) и разбросанными (*ss*) карпами.

Основу гипотезы ***доминирования*** составляет представление о благоприятном действии доминантных факторов. Поскольку рецессивные аллели менее подвержены влиянию отбора, среди них могут сохраняться вредные мутации; последние при скрещивании неродственных групп переходят в гетерозиготное состояние и под прикрытием доминантных факторов утрачивают фенотипическое проявление. Подавление вредного действия таких рецессивных мутаций доминантными генами проявляется в виде гетерозисного эффекта. Таким образом, согласно данной гипотезе гомозиготы и гетерозиготы по доминантному гену обладают одинаковым преимуществом перед рецессивным типом: *AA* и *Aa* > *a*а.

Впоследствии эти две генетические концепции гетерозиса были дополнены представлениями о взаимодействии аллелей разных локусов.

Рассмотренные механизмы гетерозиса не исключают друг друга и могут действовать одновременно. Роль доминирования и сверхдоминирования в каждом конкретном случае может быть различна. При относительно близких скрещиваниях (межпородных, внутрипородных и т. п.) ведущая роль в возникновении гетерозиса принадлежит эффекту сверхдоминирования, при отдаленных – эффекту доминирования.

Гетерозисный эффект при неродственном скрещивании обнаружен у многих видов рыб.

Значительный гетерозис по жизнеспособности дает, например, скрещивание культурного карпа и амурского сазана. Гетерозисный эффект при скрещивании разных пород и породных групп установлен также в работах с другими прудовыми рыбами. Гетерозис обнаружен и у некоторых межвидовых гибридов.

Использование гетерозиса – важный источник повышения продуктивности рыб. Главная задача при этом состоит в выявлении наиболее удачных гетерозисных сочетаний партнеров, что решается путем оценки комбинационной способности. Различают два типа комбинационной способности: общую и специфическую. Под общей комбинационной способностью понимают способность определенной племенной группы (или отдельной особи) повышать свои продуктивные качества при скрещивании ее с любой другой группой. Для оценки этого показателя испытуемую племенную группу скрещивают с генетически гетерогенной группой (тестером).

При оценке специфической комбинационной способности каждую племенную группу скрещивают отдельно с разными испытуемыми группами, выявляя таким образом наиболее удачные сочетания.

Уровень общей комбинационной способности отражает как бы среднее значение ценности определенной группы при всех возможных сочетаниях ее с другими группами, в то время как специфическая комбинационная способность – отклонение от этого среднего уровня.

В рыбоводстве обычно сначала проводят оценку общей комбинационной способности, а затем выявленные лучшие группы испытывают на специфическую комбинационную способность.

При работе с рыбами такой путь является единственно возможным, поскольку технически очень сложно осуществить одновременную оценку большого числа комбинаций.

Основные показатели гетерозиса:

1) повышение эмбриональной и постэмбриональной жизнеспособности;
2) снижение затрат корма на единицу продукции;
3) повышение скороспелости;
4) повышение плодовитости;
5) повышение продуктивности;
6) повышение адаптивной способности;
7) повышение стрессоустойчивости и резистентности организма рыб.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Чистопородное разведение.

2. Разведение по линиям.

3. Значение выдающихся по продуктивным и воспроизводительным качествам особей и их роль в формировании линий основных пород прудовых рыб.

4. Инбридинг.

5. Аутбридинг.

6. Вычисление коэффициента инбридинга при работе с рыбами.

7. Проявление инбредной депрессии у рыб, опасность инбридинга в рыбоводстве.

8. Использование инбридинга как метода селекции.

9. Скрещивание.

10. Типы скрещивания, применяемые в селекции рыб: вводное, воспроизводительное, поглотительное и др.

11. Гетерозис.

12. Современные теории гетерозиса.

13. Проявление гетерозиса у рыб.

14. Методы оценки гетерозиса и селекция на гетерозис.

15. Промышленная гибридизация в рыбоводстве.

16. Методы получения промышленных гибридов (топкросс, простое промышленное скрещивание и др.).

1.8. Эффективность отбора в рыбоводстве

В данном подразделе изучаются понятия генотипа и фенотипа, особенности отбора по главным признакам для комплексной оценки животных: оценка и отбор по происхождению, конструкции и экстерьеру и т. д. Большинство хозяйственно полезных признаков сельскохозяйственных животных обусловлено наследственными факторами, которые оказывают влияние на развитие ряда признаков. Оценку и отбор по фенотипу называют массовым отбором, а отбор по генотипу – индивидуальным. Для осуществления любого вида отбора необходимо сначала оценить животное по комплексу признаков. Оценка животного может проходить в три этапа. И только достоверное изучение всех этапов позволяет дать наиболее полную характеристику продуктивных качеств животного и его племенной ценности.

Автором учения об отборе, разработавшим основные его положения, является Ч. Дарвин, который установил, что образование новых форм живых организмов, изменение и совершенствование существующих идут благодаря естественному и искусственному отбору. Эффективность отбора зависит и от типа действия генов, т. е. в основе всех форм отбора лежит использование генетической изменчивости.

Критериями проведения массового отбора служат наследуемость и повторяемость отбираемого признака. Чем выше коэффициент наследуемости и повторяемости, тем эффективнее массовый отбор по фенотипу. Отбирая лучших по фенотипу рыб для воспроизводства, селекционер автоматически получает более ценное потомство по сравнению со средними показателями стада. При низких показателях наследуемости признака совершенствование продуктивных качеств затягивается на многие поколения и для более эффективного отбора необходимо использовать не массовый отбор как метод селекции, а применять определенные элементы индивидуального отбора.

Для вычисления эффективности отбора используют следующие формулы:

1. Эффективность отбора по полигенным признакам за целое поколение R_i (в литературе может называться эффектом селекции и обозначаться по-разному (ЭS = ЭС = R)) вычисляется по формуле

$$R_i = Sd \cdot h^2, \quad (1)$$

где Sd – селекционный дифференциал;

h^2 – коэффициент наследуемости признака.

2. Селекционный дифференциал Sd – это разница в средней величине до и после отбора:

$$Sd = \overline{X_0} - \overline{X_s}. \quad (2)$$

3. Коэффициент наследуемости признака h^2 рассчитывается индивидуально по материалам первичного учета или берется из табличных данных (табл. 1).

Таблица 1. **Коэффициенты наследуемости некоторых селекционных и морфологических признаков у разных видов рыб**

Признак	Вид рыб				
	Радужная форель	Карп	Канальный сомик	Тиляпия	Пелядь
Масса тела у молоди	0,12	0,21	0,42	0,04	0,31
Масса тела у взрослых рыб	0,17	0,32	0,49	0,10	0,28
Длина тела у молоди	0,24	0,21	0,12	0,06	0,14
Длина тела у взрослых рыб	0,17	0,30	0,61	0,12	0,43
Жизнеспособность	0,14	0,13	0,21	0,12	0,20
Относительная плодовитость	0,23	0,26	0,24	0,19	0,20
Общее число позвонков	0,66	0,65	0,71	0,68	0,90

4. Интенсивность отбора i – это селекционный дифференциал, выраженный числом стандартных отклонений. Данный показатель берется из табличных данных (табл. 2) или рассчитывается по следующей формуле:

$$i = \frac{Sd}{\sigma}\ . \qquad (3)$$

5. Исходя из вышепредложенной формулы можно рассчитать селекционный дифференциал по-другому:

$$Sd = i \cdot \sigma. \qquad (4)$$

6. Подставив новые значения в формулу (1), получаем:

$$R = i \cdot \sigma \cdot h^2. \qquad (5)$$

7. Коэффициент напряженности отбора V – это количество отобранных особей, выраженное в процентах от общего количества. В работах с рыбами напряженность отбора колеблется в пределах от 0,1 до 50 %.

$$V = \frac{n \cdot 100}{N}. \qquad (6)$$

8. Коэффициент напряженности отбора V тесно связан с интенсивностью отбора i (табл. 2).

Таблица 2. **Значения интенсивности отбора при разных значениях коэффициента напряженности отбора**

V, %	0	40	30	25	20	15	10	5	1	0,5	0,1
i	0,8	0,97	1,16	1,27	1,4	1,55	1,76	2,06	2,66	2,89	3,37

9. Интервал между поколениями L вычисляется в годах. Данный показатель зависит от вида рыб и места их районирования. Например, для карпа, разводимого в нашей зоне, L = 5 лет.

10. Для вычисления эффекта отбора из расчета на 1 год используют формулу (1).

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Теоретические основы оценки и отбора.
2. Формы и методы отбора.

3. Оценка рыб по морфологическим признакам.

4. Оценка рыб по физиологическим признакам.

5. Селекционные индексы.

6. Оценка производителей по экстерьеру, собственной продуктивности и качеству потомства.

7. Массовый и индивидуальный отбор.

8. Факторы, определяющие эффективность отбора – селекционный дифференциал.

9. Напряженность отбора.

10. Интенсивность отбора.

11. Наследуемость признака. Значение показателя наследуемости при отборе.

12. Эффективность различных форм отбора.

13. Методы повышения эффективности отбора.

14. Величина коэффициентов наследуемости основных селекционных признаков у рыб.

15. Косвенные (коррелированные) последствия отбора, селекционное плато.

16. Требования к условиям выращивания рыб при селекции.

1.9. Специальные (генетические) методы селекции рыб. Генетика пола

Изменчивость – это свойство живых организмов, которое заключается в способности дочерних организмов отличаться от родителей морфологическими, физиологическими, биохимическими особенностями и отклонениями в индивидуальном развитии. Изменчивость всегда сопровождает размножение. Природа не допускает однообразия. И этим можно объяснить тот факт, что даже среди особей одного вида, породы, популяции и т. д. невозможно найти абсолютно идентичные экземпляры. Скачкообразное изменение наследственных признаков под влиянием мутагенных факторов называется мутацией.

Размножение (репродукция) – одно из основных свойств живого, под которым понимают способность живых организмов воспроизводить себе подобных, обеспечивая непрерывность и преемственность жизни в ряду поколений. Основными **способами размножения** живых организмов является бесполое и половое размножение.

Бесполое размножение – это воспроизведение себе подобных, в котором участвует только одна родительская особь, из определенной части ее образуются дочерние организмы. К бесполому размножению

относятся вегетативное (размножение частями растений), спорообразование (грибы, малярийный плазмодий – деление шизогонией), амитотическое деление (прямое деление клеток протист и бактерий), почкование (гидра, дрожжи, медузы), соматическое деление (деление соматических клеток митозом – непрямым делением), фрагментация (размножение особи фрагментами тела благодаря регенеративной способности организма – дождевой червь, гидра, молочная планария).

Половое размножение свойственно растениям и животным. Обусловлено оно формированием мужских и женских гаплоидных клеток – *гамет*, которые, соединяясь в процессе оплодотворения, дают начало диплоидным клеткам – *зиготам*. При скрещивании в результате процесса расщепления и комбинации генов в потомстве возможно выявление новых приспособительных сочетаний признаков. За счет полового размножения под контролем естественного отбора в наследственном фонде вида накапливаются сочетания генов, способствующие выживанию вида в данных условиях.

Половое размножение – это прогрессивное в эволюционном отношении размножение живых организмов, подразумевающее размножение нового организма из оплодотворенной яйцеклетки, при котором происходит объединение генетической информации от двух родителей в одном. Выделяют несколько основных видов полового размножения: истинное половое размножение, половой процесс, или конъюгация, андрогенез и гиногенез.

Истинное половое размножение – это размножение, которое приводит к увеличению численности организмов.

Конъюгация – это процесс, который не приводит к увеличению численности (участвуют в процессе две особи и после процесса остаются две, но уже обновленные).

Андрогенез – это развитие гаплоидного организма после оплодотворения яйцеклетки с элиминированным (уничтоженным) ядром.

Гиногенез – редкая форма полового размножения, при котором развитие зародыша осуществляется без участия отцовской наследственности (после разрушения ядра сперматозоид сохраняет подвижность и способность к оплодотворению).

Партеногенез – это развитие нового организма из неоплодотворенных яйцеклеток (тля, дафния, коловратки, самцы пчел).

Пол организма зависит от взаимодействия двух основных факторов:

1) наследственная основа, полученная от родителей;

2) условия внешней среды, в которой происходит развитие организма.

Определение пола осуществляется у разных организмов на различных ступенях индивидуального развития (рис. 1).

ДЕТЕРМИНАЦИЯ ПОЛА

Прогамный – развитие пола до оплодотворения яйцеклеток. Связано это с образованием разнополых яйцеклеток материнского организма: – коловратки; – тли; – первичные кольчецы. При оогенезе из-за перераспределения цитоплазмы яйцеклетки образуются двух типов: - ***малые*** (после оплодотворения развиваются мужские организмы); - ***большие*** (после оплодотворения развиваются женские организмы)	***Сингамный*** – определение пола в момент оплодотворения в результате восстановления в зиготе хромосомного набора при комбинации гамет: – млекопитающие; – птицы; – рыбы; – двукрылые насекомые; – двудомные растения. Гаметы *X* и *Y* с половыми хромосомами. От того, какие оплодотворятся, зависит пол. *G* $X \times X$ ♂ $X \times Y$ *XX* – гомогаметный пол *XY* – гетерогаметный пол	***Эпигамный*** – определение пола после оплодотворения, зависит пол особи от окружающей среды: – рептилии; – морские черви. При более низких температурных условиях вылупляются из яиц самцы, при благоприятных высоких температурах – самки

Рис. 1. Детерминация пола

У диплоидных организмов наследственно обусловлена способность к формированию признаков и свойств как женского, так и мужского пола, но одна из этих тенденций преобладает, в то время как другая подавляется и проявляется только при условиях, исключающих возможность проявления основной тенденции. Так, у старых самок жаб после отмирания женских половых желез начинается вторичное развитие зачаточных мужских половых желез, и самки приобретают способность функционировать в качестве самцов, но потомство, появляющееся от скрещивания их с нормальными самками, состоит только из самок.

В этом случае выявление подавленной мужской половой тенденции происходит после разрушения женских половых желез, сформировавшихся под влиянием основной половой тенденции.

Гонохористы – строго раздельнополые. Подразделяются на три типа.

1-й тип – дрозофильный тип: радужная форель, карп, белый амур, стальноголовый лосось (табл. 3).

Таблица 3. **Определение пола у дрозофильного типа**

Пол	Генотип	Половые хромосомы	Число гамет *G*
♀	Гомогаметный	*XX*	*X*
♂	Гетерогаметный	*XY*	*X* и *Y*

2-й тип – у рыб семейства карпозубых (табл. 4).

Таблица 4. **Определение пола у карпозубых**

Пол	Генотип	Половые хромосомы	Число гамет *G*
♀	Гетерогаметный	*XY*	*X* и *Y*
♂	Гомогаметный	*XX*	*X*

3-й тип – у некоторых видов тиляпий разный тип определения пола (табл. 5).

Таблица 5. **Определение пола у тиляпий**

Пол	Генотип	Половые хромосомы	Число гамет *G*
♀	Гетерогаметный	*ZW*	*Z* и *W*
♂	Гомогаметный	*ZZ*	*Z*
♀	Гомогаметный	*XX*	*X*
♂	Гетерогаметный	*XY*	*X* и *YX*

У многих видов рыб, в том числе и у большинства объектов товарного рыбоводства, пол определяется присутствием в хромосомном наборе пары половых хромосом (гетерохромосом). Хотя идентификация половых хромосом представляет большую трудность у ряда видов. Среди объектов товарного рыбоводства у радужной форели они выявлены прямым цитологическим анализом. Хромосомная детерминация пола может быть также установлена косвенными методами, например с помощью гормональной инверсии пола или индуцированного гиногенеза.

У рыб известно два типа хромосомного определения пола: с мужской и женской гетерогаметностью. При мужской гетерогаметности самки имеют две одинаковые половые хромосомы (генотип *XX*), а самцы – две разные (генотип *XY*). При женской гетерогаметности, наоборот: разные половые хромосомы у самок (генотип *ZW*) и одинаковые – у самцов (генотип *ZZ*). Таким образом, при мужской гетеро-

гаметности пол будущего потомка определяется спермием, а при женской – яйцеклеткой.

Большинству исследованных видов рыб свойственна мужская гетерогаметность. Среди объектов товарного рыбоводства она обнаружена у карпа, белого амура, радужной форели, стальноголового лосося. Женская гетерогаметность широко распространена среди представителей семейства карпозубых (Cyprinodontidae). В некоторых случаях близкие виды имеют разный тип определения пола. Например, у тиляпии известны виды с мужской и женской гетерогаметностью.

Наряду со строго раздельнополыми видами (так называемыми гонохористами) среди рыб встречаются гермафродиты.

Гермафродиты – это организмы, не имеющие строгого разделения по половой принадлежности. Гермафродиты имеют свою классификацию.

Ювенальный гермафродитизм – женские и мужские половые клетки присутствуют в организме только на ранних стадиях у неполовозрелых особей.

Истинный гермафродитизм – женские и мужские половые клетки остаются и после полового созревания в организме особи, что приводит к самооплодотворению (например, у каменного окуня (*Serranus Scriba*)) или последовательной смене пола в течение жизни в зависимости от окружающей среды (то рыба самка, то самец (семейство губановых).

При гермафродитизме решающая роль в детерминации пола принадлежит, очевидно, негенетическим факторам, а влияние половых хромосом (если они есть) отступает на второй план.

Процесс развития воспроизводительной системы включает формирование половой железы – яичника или семенника (гонадогенез) и превращение первоначально индифферентных половых клеток в зрелые мужские или женские половые клетки – гаметы (гаметогенез).

На начальной стадии онтогенеза выделяют так называемый индифферентный период, в течение которого появляются первичные половые клетки (ППК). Позднее в результате многократных митозов ППК в половой железе образуется необходимый запас половых клеток – гониев (оогониев у самок и сперматогониев у самцов). У карповых рыб зачаток гонады с ППК можно обнаружить уже в первый месяц после вылупления. В дальнейшем наступает период анатомической и цитологической дифференцировки пола.

Признаки анатомической дифференцировки пола у разных видов рыб различны (рис. 2). У карповых рыб, в том числе у карпа, карася,

белого амура, белого толстолобика, главным признаком анатомической дифференцировки пола является способ прикрепления гонады к перитонеальному эпителию.

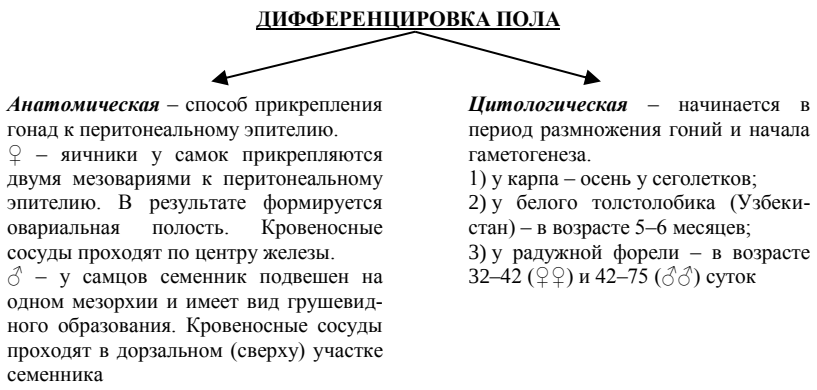


Рис. 2. Способы определения пола у рыб

У радужной форели и других представителей рода *Salmo* первыми признаками анатомической дифференцировки пола являются особенности расположения кровеносных сосудов: у самцов крупные кровеносные сосуды проходят в дорзальном участке железы, а у самок – по центру. Анатомическая дифференцировка пола у карпа и белого толстолобика завершается в течение первого лета жизни, в возрасте 2–2,5 месяца.

Цитологическая дифференцировка связана с началом гаметогенеза, т. е. превращением первоначально индифферентных гониев в оогонии или сперматогонии.

Цитоморфологические особенности отдельных фаз гаметогенеза у разных видов в целом сходны. Видовые различия касаются в основном продолжительности отдельных фаз и периодов гаметогенеза. Ниже дается краткая характеристика этого процесса, с включением составляющих его основу мейотических преобразований хромосом.

Процесс образования мужских и женских половых клеток называется гаметогенезом (рис. 3).

Гаметогенез происходит в гонадах 2*n* (половых железах мужского и женского организма). Он начинается с момента полового созревания и продолжается в течение репродуктивной жизни.



Рис. 3. Классификация гаметогенеза

Гаметы – зрелые половые клетки, содержащие гаплоидный набор хромосом (n), по сравнению с соматическими клетками, которые содержат диплоидный набор хромосом ($2n$). Гаметы бывают двух видов: яйцеклетки – зрелые женские половые клетки – и сперматозоиды – зрелые мужские половые клетки. Гаметы созревают в гонадах, которые тоже бывают двух видов: яичники – женские половые железы – и семенники – мужские половые железы.

Гонии – это незрелые половые клетки, содержащие диплоидный набор хромосом ($2n$), как в обычной соматической клетке. Гонии закладываются еще в эмбриональном периоде в гонадах из зародышевых листков и клеток путем митоза.

В процессе развития женская половая клетка претерпевает существенные изменения, в результате чего она превращается в зрелую яйцеклетку. Эти изменения затрагивают все структурные элементы клетки: хромосомы (и ядро в целом), цитоплазму, оболочки. Они приводят к изменению размеров клетки, ее морфологии, химического состава, метаболизма. В период оогенеза осуществляется первое (редукционное) деление мейоза, которое приводит к перераспределению хромосом в половых клетках и к сокращению их числа до гаплоидного уровня.

Механизм оплодотворения – слияние мужских и женских половых клеток (гамет) с образованием зиготы с диплоидным набором хромосом.

Общие закономерности процесса оплодотворения, его цитоморфологическая характеристика изучены у рыб достаточно подробно.

Костистым рыбам свойственно моноспермное оплодотворение. Зрелая яйцеклетка имеет одно микропиле, через которое проникает единственный спермий. Редкие случаи полиспермного оплодотворения можно рассматривать как патологический процесс, связанный с нарушением кортикальной реакции (рис. 4).



Рис. 4. Типы оплодотворения

Открытие и изучение хромосомного механизма определения пола выдвинули задачу искусственного изменения численного соотношения полов и получения у животных желаемого количества особей женского или мужского пола.

Регуляция пола может быть использована для решения разных селекционных и хозяйственных задач. В рыбоводстве иногда нужно выращивать особей одного пола. Так, при разведении лососевых, осетровых и карповых рыб более выгодным является выращивание самок, из-за того что они лучше растут и позднее созревают. К тому же самки лососевых и осетровых рыб являются продуцентами деликатесного продукта – красной и черной икры. В других случаях, например при разведении тиляпии, более выгодным является разведение самцов, которые растут значительно быстрее самок. Выращивание однополого потомства предотвращает бесконтрольный нерест и тем самым обеспечивает возможность регуляции численности рыб в водоеме. Последнее очень важно при выращивании быстросозревающих рыб на трудноосваливаемых водоемах.

Для регуляции пола у рыб применяют различные методы. Одним из перспективных способов получения однополого потомства является гормональное воздействие. У рыб дифференцировка половой железы находится под контролем генотипа и осуществляется через эндокринную систему. У самок вырабатываются женские гормоны – эстрогены, у самцов – андрогены.

Введение в определенных дозах мужского гормона (метилтестостерона) или женского (эстрадиола) при кормлении молоди на ранних стадиях онтогенеза, соответствующих началу дифференцировки половой железы, приводит к развитию яичников у генетических самцов по женскому типу. Скрещивание самцов-инверсантов с обычными самками позволяет получить однополое женское потомство.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Индуцированный мутагенез у рыб.
2. Методы получения мутационных потомств.
3. Влияние мутагенов на прудовых рыб.
4. Индуцированный диплоидный гиногенез у рыб, его особенности и методы получения.
5. Генетические и рыбоводно-биологические особенности патогенетических потомств.
6. Основные направления использования индуцированного мутагенеза и гиногенеза в селекции прудовых рыб.
7. Получение полиплоидных форм у рыб.
8. Получение стерильных рыб с помощью экспериментальной полиплоидии.
9. Размножение живых организмов.
10. Начало редукционного деления и его последствия.
11. Партеногенез как особый способ размножения живых организмов.
12. Гонии. Период образования гониев. Их отличия от других типов половых клеток.
13. Андрогенез как особый способ размножения живых организмов.
14. Начало эквационного деления и его последствия.
15. Гиногенез как особый способ размножения живых организмов.
16. Гаметы. Классификация гамет.
17. Способы определения пола у живых организмов.
18. Гаметогенез. Типы гаметогенеза. Основные особенности.
19. Хромосомная детерминация пола у живых организмов.
20. Признаки цитологической дифференцировки пола у рыб.
21. Хромосомный тип определения пола у рыб.
22. Особый тип размножения живых организмов путем партеногенеза (пример).
23. Инверсия пола, регуляция пола и получение стерильных рыб.
24. Образование первичных половых клеток (когда, где и каким способом?).
25. Дифференцировка пола у рыб (цитологическая и анатомическая).
26. Явление гермафродитизма.
27. Особенности оогенеза у рыб (характерные признаки последовательных периодов развития ооцита).
28. Процесс гормональной инверсии пола у рыб.
29. Основные признаки отдельных стадий зрелости яичника.

30. Основное различие между гетерогенным и гомогенным полом.
31. Основные признаки отдельных стадий зрелости семенника.
32. Этапы получения андрогенетических потомков у рыб.
33. Оплодотворение.
34. Анатомическая дифференцировка пола у рыб.
35. Перспективы использования достижений генной инженерии и биотехнологии в селекции рыбохозяйственных объектов.
36. Генетическое маркирование в селекции рыб.
37. Отдаленная гибридизация и ее значение в селекции рыб.

1.10. Эволюция кариотипов. Иммуногенетика

Иммуногенетика изучает наследственную обусловленность взаимоотношений антиген – антитело для выявления у животных различных систем групп крови в зависимости от антигенного состава эритроцитов, лейкоцитов и наличия белков антигенов в плазме крови. Под генетической системой групп крови понимают совокупность групп крови, которые обусловлены антигенами, контролируемыми аллелями одного локуса.

Предметом изучения иммуногенетики являются также тканевая несовместимость, связанная с антигенами клеток.

Иммуногенетический анализ позволяет решать конкретные задачи в биологических, медицинских, зоотехнических и ветеринарных работах. В частности, такие проблемы, как:

1) иммунологическая совместимость крови между донором и пациентом при пересадке тканей, органов и зигот;

2) иммунная совместимость гамет при оплодотворении;

3) установление причин изменения иммунитета в процессе онтогенеза:

– проблема толерантности – отсутствие иммунной реакции на чужой антиген;

– патологическое образование антител против своих же антигенов;

4) использование иммуногенетического анализа для контроля за правильностью происхождения потомства и определения истинного отцовства.

В организме рыбы присутствует огромное количество антигенов, каждый из которых имеет генетическую обусловленность и связан с действием определенного гена. Антигенный состав крови и других веществ указывает на широкое распространение генетического поли-

морфизма антигенов, источником которого является множественный аллелизм, вызываемый многократным мутированием гена. Антигены образуются на эритроцитах в эмбриональный период развития рыбы и не изменяются в течение всей ее жизни, поэтому они могут служить пожизненным показателем генетической структуры организма по тому или иному локусу.

Направления иммуногенетики представлены на рис. 5.

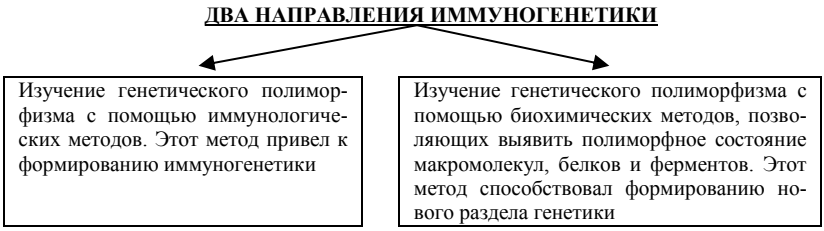


Рис. 5. Направления иммуногенетики

Термин «полиморфизм» введен в 1945 г. Е. Фардом применительно к различным признакам, обусловленным наследственностью.

Наследование антигенов происходит по принципу кодоминирования, доминирования или сверхдоминирования.

Иммуногенетика изучает специфические антигены, на основе которых формируются определенные системы групп крови (рис. 6).



Рис. 6. Типы антигенов

Каждое животное обладает характерным только для него набором антигенов, по определенному соотношению которых можно судить о группе крови, которая является также сугубо индивидуальным пожизненным генетическим паспортом животного.

1.10.1. Генетические системы групп крови. Особенности генетики эритроцитарных антигенов

Для выявления и изучения индивидуальных антигенных составов эритроцитов животного в иммуногенетике применяются различные методы серологических реакций:

– агглютинация – склеивание эритроцитов;

– гемолиз – лизис эритроцитов;

– фагоцитоз эритроцитов;

– преципитации и др.

Эритроцитарные антигены представляют собой сложные биополимерные макромолекулы, которые накапливаются на оболочке (строме) эритроцитов, соединяются с молекулами веществ оболочки.

Антигены могут наследоваться как независимо друг от друга, так и сцепленно, объединяясь в систему, группу антигенов. Эти группы передаются от родителей потомкам совместно и наследуются как единое целое, аналогично наследованию одного антигена. Отдельные антигены или их сочетания, передающиеся родителями потомкам, образуют группы крови.

Системы антигенных локусов, группы и антигены с 1928 г. принято обозначать буквами латинского алфавита (заглавными или строчными, с под- и надстрочными индексами). При этом следует помнить, что антигены A, A_1 и A^1 – совершенно разные антигены и не связаны между собой ни генетически, ни иммунологически.

Феногруппы – некоторые системы антигенов, которые образованы определенной комбинацией входящих антигенов.

Каждая группа крови наследуется как определенная генетическая единица. В состав конкретной группы крови может входить один или несколько антигенов.

Контроль каждой группы крови обусловлен действием генов одного локуса и его аллелями. Совокупность одного локуса образует *систему крови*.

У сельскохозяйственных животных обнаружен ряд систем групп крови (рис. 7).

У КРС систем групп крови насчитывается 12, у лошадей – 9, у свиней – 17, у овец – 16, у кур – 14, у кроликов – 12, у собак – 7, у коз – 5.

Для сравнения, у человека – 14 систем групп крови.



Рис. 7. Системы групп крови

Группы крови наследуются простым менделевским способом по принципу доминирования и кодоминирования.

Кодоминирование – проявление в генотипе потомков генов от обоих родителей. При доминировании рецессивный аллель не проявляется в гетерозиготном состоянии.

Полиморфизм белков – явление всеобщее. Он обнаружен в организме всех животных, от простейших до высших позвоночных. Полиморфны белки яиц, крови, молока, мышц, жидкости спермы, иммуноглобулины, ферменты и т. д.

Аналогично антигенам групп крови в основе разнообразия полиморфных белков лежит множественный аллелизм генов.

Существуют различные способы анализа генетического полиморфизма белков:

1) зональный электрофорез в крахмальном или полиакриламидном геле (разделение на фракции белков и ферментов по действием электрического тока);

2) иммунофорез – реакция преципитации, т. е. выявление белков соответствующими сыворотками в агаровом геле.

Согласно А. Аллисону, изучение полиморфизма белков дает информацию о биохимической индивидуальности особи и позволяет понять, каким образом в популяции системой скрещивания поддерживается генетический полиморфизм. Анализ полиморфных систем дает возможность также выяснить происхождение и возможную перспективу эволюции популяции или стада.

Объектом изучения полиморфизма белков служат белки:

– трансферрины (*Tf*) – у КРС в сыворотке крови обнаружено 12 аллелей локуса трансферрина;

– гемоглобин (*Hb*) – 10 аллелей данного локуса;

– бета-казеин (β*Cn*) – в молоке – 8 аллелей.

Наиболее изменчивы по составу аллелей у большинства сельскохозяйственных животных локусы трансферрина и гемоглобина. Большая изменчивость аллельного состава локусов обеспечивает повышенное разнообразие синтезируемых белков, что расширяет биологическую приспособленность животных к условиям среды. Огромное значение в обмене веществ организма играют полиморфные системы ферментов. Например: *каталаза* катализирует функции клеточного и тканевого дыхания; *церулоплазмин* регулирует медный баланс и ряд других элементов обмена веществ.

С полиморфизмом белков неразрывно связано и качество получаемых продуктов питания от сельскохозяйственных животных (молока, мяса, яиц, жиров и т. д.).

Выявлена также связь между локусами, генотипами и аллелями полиморфных систем белков и ферментов с продуктивностью, воспроизводительной функцией, резистентностью и другими хозяйственно ценными селекционируемыми признаками.

Молекулярной основой биохимического полиморфизма являются мутации генов, которые ведут к изменению последовательности аминокислот в полипептидной цепи, составляющей первичную структуру белковой молекулы. В результате этого образуются белки, сходные по своей основной функции, но различающиеся некоторыми свойствами – теплоустойчивостью, ферментативной активностью, электрическим зарядом и т. д.

Тестирование животных по группам крови и полиморфным системам белков приобретает определенное значение при популяционном анализе. Эти данные позволяют выяснить генетическую структуру и сравнить популяции по различным локусам генетических систем. Такое сопоставление выявляет:

– влияние искусственного отбора на частоту аллелей и генотипов в разных группах животных (линии, семейства, породы);

– действие инбридинга;

– кросс, линию;

– межпородное скрещивание;

– гомо- и гетерозиготность популяции;

– изменения генетической структуры популяции у диких форм животных под действием естественного отбора;

– генетическое сходство потомка с выдающимся родоначальником;

– связь продуктивности, воспроизводительной функции и резистентности животных с аллелями и локусами групп крови и биохимического полиморфизма.

Благодаря данным иммуногенетической экспертизы осуществляется маркирование линий (или выдающихся животных) аллелями и генотипами генетических систем и локусов, т. е. проводится паспортизация племенных животных по локусам групп крови и биохимическому полиморфизму.

1.10.2. Эволюция кариотипов

В процессе эволюции кариотипы отдельных видов животных подвержены изменению. Этим изменениям могут подвергаться как отдельные хромосомы, так и целые наборы хромосом. Особенно это касается животных, стоящих в эволюционной лестнице не на самых высоких ступеньках развития. Изучение хромосомных наборов разных видов показало их видовую специфичность, что свидетельствует о том, что историческое развитие организмов сопровождается изменением хромосомных аппаратов, или кариотипов.

Представлялось чрезвычайно важным решить вопрос, носит ли кариотипическая эволюция закономерный характер. Первые серьезные исследования в этом направлении предприняли Г. А. Левитский, его сотрудники и ученики. Они доказали, что кариотипическая эволюция у филогенетически близких групп имеет закономерный, нередко направленный характер.

Исследованиями Г. А. Левитского и Н. Е. Кузьминой (1927) рода *Festuca*, М. В. Сеняниновой-Корчагиной (1930, 1932) рода *Aegilops*, Н. П. Авдулова (1931) и В. П. Чехова (1937) семейств *Gramineae* и *Leguminosae*, Е. К. Эмме (1938) овсов секции *Euavena* было установлено, что эволюционные изменения кариотипов по числу хромосом у филогенетически близких форм могут быть весьма разнообразны. Так, у близких видов часто широко распространены изменения полиплоидного типа, в более крупных таксонах, например семействах, наблюдаются закономерные изменения основных чисел хромосом.

Исследования кариотипической эволюции по морфологическим признакам хромосом были начаты Делоне (1915) в роде *Muscari*. Ученый пришел к заключению, что у филогенетически близких видов наблюдается процесс постепенной редукции длины хромосом, что было подтверждено дальнейшими исследованиями ряда родов лилейных (1922, 1926 и др.). Далее М. С. Навашин (1925), изучая род *Crepis*, об-

наружил постепенность изменения длины гомологичных хромосом в ряду родственных видов.

Г. А. Левитский (1931), анализируя эволюцию кариотипов в подсемействе *Helleboreae* (семейство *Ranunculaceae*), пришел к заключению о том, что преобладание в кариотипе двуплечных хромосом свидетельствует о более примитивном состоянии их носителей, тогда как для эволюционно молодых групп характерны кариотипы с большим числом головчатых (т. е. акроцентрических) хромосом. К сходным выводам пришли М. В. Сенянинова-Корчагина (1930, 1932) и другие исследователи (Н. Т. Кахидзе, М. Н. Прозина, Л. Г. Арутюнова).

Перестройки хромосомного комплекса могут происходить благодаря центрическим делениям и слияниям.

Робертсоновская транслокация, или центрическое слияние, – это хромосомная перестройка, при которой происходит слияние двух акроцентрических хромосом с образованием одной метацентрической или субметацентрической хромосомы. Слияние акроцентриков происходит в околоцентромерных районах, т. е. в этой перестройке происходит транслокация целого плеча (рис. 8).

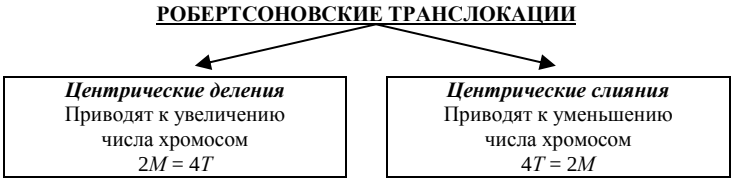


Рис. 8. Робертсоновские транслокации

Робертсоновские транслокации относятся к межхромосомным перестройкам. Робертсоновские транслокации играют важную роль в видообразовании, являются частым механизмом эволюции кариотипа. Носительство робертсоновских транслокаций может приводить к нарушению фертильности.

Данный тип хромосомных мутаций назван по имени американского генетика насекомых Уильяма Робертсона (*W. Robertson*, 1881–1941), который в 1916 г. при сравнении кариотипов близких видов саранчовых впервые предположил существование такого типа хромосомных перестроек.

В медицинской генетике согласно Международной системе по цитогенетической номенклатуре человека (The International System for

Human Cytogenetic Nomenclature – ISCN) для робертсоновских транслокаций используется сокращение *der* или *rob*, например *der (13; 14) (q10; q10)* или *rob (13; 14)(q10; q1).*

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Робертсоновские центрические деления. Механизм, схема.
2. Значение иммуногенетики, ее применение на производстве.
3. Робертсоновские центрические слияния. Механизм, схема.
4. Иммуногенетика. Антиген и антитело генетической системы групп крови.
5. Генетические системы групп крови. Особенности генетики эритроцитарных антигенов.
6. Характеристика межхромосомных аберраций. Транслокации (*T*).
7. Системы групп крови у животных.
8. Характеристика внутрихромосомных аберраций (*Dl*, *In*, *Df*, *Dp*, *F*). Изображение их при помощи рисунка.
9. Эритроцитарная система групп крови человека (AB0). Реакция агглютинации.
10. Характеристика геномных мутаций (гетероплоидия). Описание известных синдромов.
11. Система резус-фактора (Rh+; rh–) человека.
12. Характеристика геномных мутаций (гаплоидия).
13. Генетический полиморфизм белков.
14. Характеристика геномных мутаций (полиплоидии).
15. Использование иммуногенетических исследований для практической деятельности.
16. Характеристика генных мутаций. Репарационная система клетки.
17. Иммуногенетика белых клеток крови и проблема совместимости.
18. Классификация мутагенных факторов. Классификация мутаций по воздействию на организм и по проявлению.
19. Использование данных о наследовании качественных признаков в селекции рыб.
20. Редупликация молекул ДНК и роль ферментов в этом процессе.
21. Изменчивость как свойство живых организмов. Классификация изменчивости.
22. Кариотип. Диплоидный (2*n*) и гаплоидный (*n*).
23. Процесс редупликации и распределение генетического материала при митозе.

24. Хромосомы (зрелые, незрелые). Фундаментальное число (*NF*).

25. Понятие о модификационной изменчивости. Норма реакции, длительные морфозы.

26. Типы, строение и функции хромосом.

27. Понятие о генотипической изменчивости.

1.11. Селекционные достижения в рыбоводстве

Основываясь на изученных факторах эволюционного процесса и породообразования, следует дать научное определение породы, понять процесс ее становления, динамику и условия, оказывающие влияние на ее формирование, иметь представление о структуре породы, путях и методах улучшения пород, значении пород в сельскохозяйственном производстве.

К основным факторам породообразования относятся породно-географические, социально-экономические и тренинг.

В разведении и эволюции пород существенным аспектом является приспособление (акклиматизация) их к конкретным условиям. При изучении этого вопроса следует обратить внимание на факторы, способствующие лучшей акклиматизации, и на факторы, приводящие к перерождению, захудалости и вырождению.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Понятие о породе и внутрипородной структуре.
2. Порода и породные группы.
3. Современные породы прудовых рыб и их особенности.
4. Продуктивность рыб различных пород.
5. Методы выведения новых пород рыб.
6. Породоиспытание.
7. Селекция карпа.
8. Межпородное и внутрипородное скрещивание карпа.
9. Селекционная работа с другими видами рыб.
10. Межвидовая промышленная гибридизация рыб.

1.12. Организация селекционно-племенной работы в рыбоводстве

Племенное дело – это комплекс организационных и биотехнических мероприятий, направленных на обеспечение рыбоводных хо-

зяйств необходимым количеством производителей и рациональное использование маточных стад. Качество племенного материала зависит от условий содержания и племенной ценности производителей. Технологический цикл работ, связанный с выращиванием племенного материала, включает два основных периода: летний нагул и зимовку. Для производителей выделяют очень важный период – преднерестовый.

Бонитировкой называют качественную оценку племенных животных. По результатам бонитировки ремонтно-маточное стадо разделяют на несколько групп, категорий или классов, которые различаются по племенной ценности.

Неотъемлемой частью племенной работы с рыбами является их мечение. Серийное мечение применяют для маркировки групп, различающихся по происхождению, возрасту и полу рыб.

Изучаемые вопросы по теме, выносимые для проверки знаний

1. Взаимосвязь племенного дела и селекции.
2. Схема организации селекционно-племенной работы в рыбоводстве Республики Беларусь.
3. Типы селекционно-племенных хозяйств.
4. Формы и методы селекционно-племенной работы с рыбами.
5. Биотехника выращивания племенных рыб.
6. Бонитировка производителей и ремонтной молоди.
7. Методы мечения племенных рыб.
8. Организация заводского воспроизводства рыб.
9. Значение искусственного осеменения и заводского метода получения потомства в селекции и племенном деле.
10. Формы отчетности в племенном рыбоводстве.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

2.1. Биологические особенности рыб как объектов селекции. Факторы, оказывающие влияние на эффективность селекционной работы в рыбоводстве

Рыбы как объекты селекции имеют ряд отличительных биологических особенностей, которые напрямую связаны с особенностями их онтогенеза. Онтогенез – это индивидуальное развитие организмов, которое начинается с момента оплодотворения. У рыб оплодотворение наружное. Этот процесс неразрывно связан с жизнью рыбы в водной среде. Выметанная в воду самкой икра при благоприятном гидрохимическом режиме водоема оплодотворяется во внешней (водной) среде сперматозоидами самца. Оплодотворенная икринка – это уже развивающийся зародыш, это начало нового онтогенеза. Индивидуальное развитие заключается в постепенной реализации наследственной информации, полученной от родителей, оно включает ряд этапов. На этапе оплодотворения, после проникновения сперматозоида в икринку, наблюдаются сложные преобразования и перемещения ее содержимого. С момента оплодотворения начинается онтогенез, т. е. зарождается новая жизнь, которая у рыб отличается от наземных животных из-за особенностей протекания различных периодов онтогенеза в водной среде. Первый период – эмбриональный, или зародышевый, второй – постэмбриональный, или послезародышевый.

Эмбриональный период – развитие от момента оплодотворения икринки до начала перехода на внешнее питание. Эмбрион питается за счет желтка – запаса пищи, полученного от материнского организма. В эмбриональный период процессы синтеза (А – ассимиляция) в организме эмбриона преобладают над процессами распада сложных органических веществ (Д – диссимиляция). Эмбриональный период обычно довольно четко отграничен от постэмбрионального выходом зародыша из лицевых и зародышевых оболочек. Зародышевый период состоит из трех этапов: дробления яйца, обособления зародышевых листков и формирования отдельных органов – органогенеза. Эмбриональный период можно разделить на два подпериода. Первый подпериод (А > Д) – подпериод икринки, или эмбриона (развитие происходит в оболочке). Второй подпериод (А > Д) – подпериод свободного эмбриона, или подпериод предличинки (развитие происходит вне оболочки). Во время эмбриогенеза у зародыша изменяется форма тела,

обособляется хвостовой отдел, формируются отделы головного мозга, закладываются органы чувств и железы вылупления.

В постэмбриональном периоде осуществляются формообразовательные процессы, определяемые прежде всего генотипом организма, а также факторами внешней среды. Различают следующие стадии постэмбрионального периода: личиночный, мальковый, неполовозрелого организма, половозрелого организма, старость и смерть.

Личиночный период – это первый этап постэмбрионального развития рыбы. Желточный мешок у предличинки вскоре полностью рассасывается, и личинка переходит на внешнее питание. Внешний вид и внутреннее строение личинки еще не принимают облика взрослой особи (А > Д).

Мальковый период – внешний вид малька близок к облику взрослого организма. Половые органы недоразвиты: вторичные половые признаки обычно отсутствуют (А > Д).

Период полувзрослого (неполовозрелого) организма (ювенальный период) – начинается быстрое развитие половых желез и вторичных половых признаков, но организм еще не способен к размножению (А > Д).

Период взрослого (половозрелого) организма – состояние, при котором в определенное время года организм способен воспроизводить себе подобных; вторичные половые признаки, если они свойственны данному виду, имеются (А = Д).

Период старости – половая функция затухает, рост в длину прекращается или замедляется (А < Д).

Смерть – естественная гибель организма.

Как объекты селекции рыбы обладают рядом ценных свойств, которые тесно связаны с процессом онтогенеза.

Свойства, позволяющие эффективно вести селекцию на рыбах:

1. Высокая плодовитость. Напряженность отбора на рыбах в десятки раз превышает максимально возможную напряженность отбора при селекции на других домашних животных.

Пример: у лососевых рыб число потомков, оставляемых самкой за один нерестовый сезон, достигает несколько тысяч. Плодовитость карповых рыб исчисляется сотнями тысяч; от отдельных самок удается получать более 1 млн личинок.

2. Наружное оплодотворение. Возможность непосредственного экспериментального воздействия на мужские и женские половые клетки, а также на развивающийся эмбрион. Это существенно расширяет арсенал методов селекции и позволяет использовать такие приемы селек-

ционной работы, которые в работе с другими домашними животными недоступны.

3. Высокая племенная ценность производителей. Это способность производителей рыб обладать высокой племенной ценностью, при этом не в ущерб потребительской ценности. Известно, что производители других сельскохозяйственных животных, обладая племенной ценностью, имеют и значительную потребительскую ценность, так как на их выращивание были затрачены незначительные средства. У рыб общая масса товарной продукции потомства, получаемого за один нерестовый сезон от одной самки карпа, составляет примерно 150 ц. Повышение продуктивности на 10 % позволяет получить дополнительно от одной самки 15 ц продукции. (Например, у крупного рогатого скота повышение продуктивности составит в расчете на одну самку не более 1 ц данной продукции.)

4. Низкие затраты на выращивание производителей. Небольшая стоимость выращивания производителей рыб позволяет в одном хозяйстве вырастить многочисленное маточное стадо. В сочетании с высокой плодовитостью рыб в ограниченном числе хозяйств создаются благоприятные предпосылки для концентрации селекционной работы.

Особенности рыб, создающие серьезные трудности при проведении селекционной работы:

1. Позднее половое созревание. Например, у карпа смена поколений в обычных прудовых условиях происходит (в зависимости от климатических условий) через 4–6 лет. Таким образом, для получения 5–7 селекционных поколений карпа (необходимых для формирования породы) требуется не менее 25–30 лет.

2. Большая зависимость признаков у рыб от факторов внешней среды. Большая паратипическая изменчивость затрудняет выявление генетических различий у отселекционированных рыб. Для оценки отдельных производителей или племенных групп рыб требуется постановка сложных опытов с большим числом повторностей.

3. Обитание рыб в водной среде. В процессе выращивания рыбы не могут быть подвергнуты прямому визуальному контролю. В связи с этим селекция по некоторым важным признакам (активность потребления корма) практически невозможна.

4. Невозможность контроля за условиями среды. При прудовом выращивании невозможно обеспечить стандартные условия, необходимые для оценки селекционируемого материала.

5. Сложно вести индивидуальный учет рыб. Некоторые способы мечения рыб применяются только на взрослых особях.

6. Трудность сохранения селекционируемого материала в чистоте. Массовость материала, мелкие размеры, наружное оплодотворение, разведение в открытых водоемах, большая подвижность, сложность мечения и другие причины не позволяют вести строгий контроль и сохранять селекционный материал в чистоте.

2.2. Бонитировка производителей и ремонтного поголовья карпа. Мечение племенных рыб

Бонитировкой называют качественную оценку племенных животных. По результатам бонитировки ремонтно-маточное стадо разделяют на несколько групп, категорий или классов, которые различаются по племенной ценности.

При селекционной работе основная задача бонитировки состоит в выявлении генетически лучших производителей, что может быть достигнуто с помощью специальных методов, в том числе оценки производителей по потомству.

Основная цель бонитировки промышленного стада состоит в распределении производителей на группы по готовности рыб к нересту, показателем которой служит выраженность вторичных половых признаков.

Второй очень важной задачей бонитировки является точная сортировка производителей по полу, поскольку присутствие среди самок хотя бы одного самца может вызвать неконтролируемый нерест в преднерестовых прудах.

Пол у самцов определяют обычно по выделению молок при надавливании на брюшко в области генитального отверстия. Однако при пониженной температуре самцы плохо или совсем не текут. В этих случаях для визуальной диагностики пола используют ряд дополнительных признаков: форму брюшка, строение генитального отверстия, наличие брачного наряда (у самцов).

Бонитировку племенных рыб в промышленных стадах проводят путем визуальной оценки ряда признаков, к числу которых относятся выраженность половых признаков, размер рыб (крупные, средние, мелкие), характер телосложения, отсутствие уродств, травм и признаков заболеваний. В результате такой оценки рыб разделяют на несколько классов.

Среди самок выделяют три класса. К первому классу относят лучших рыб с хорошо развитым, мягким брюшком, не имеющих признаков уродств и заболеваний. Таких самок используют в первую очередь.

Рыбы, несколько уступающие самкам первого класса, но характеризующиеся в целом удовлетворительными показателями, а также молодые самки составляют второй класс (резервная группа). К третьему классу относят самок с очень слабо выраженными вторичными половыми признаками (таких самок трудно отличить от самцов), а также сильно отставших в росте, травмированных и больных. При достаточной численности маточного стада таких рыб выбраковывают.

Самцов при бонитировке также разделяют на три класса. К первому классу относят хорошо текучих самцов среднего возраста, отделяющих внешне нормальную сперму и имеющих удовлетворительные показатели массы и экстерьера. Производителей, уступающих по массе и экстерьеру рыбам первой группы, а также плохо текучих и очень молодых (впервые созревающих) самцов относят ко второму (резервному) классу. Третью группу составляют нетекучие самцы, а также сильно отставшие в росте, очень старые или больные рыбы, подлежащие выбраковке.

Ремонтное стадо при бонитировке делят на две группы, одну из которых (соответствующую стандарту) оставляют в стаде, другую выбраковывают. Интенсивность отбора планируют заранее с учетом установленных норм и необходимой численности рыб каждой возрастной группы. Визуальную оценку племенных рыб при бонитировке дополняют индивидуальными измерениями рыб, на основании которых позднее рассчитывают соответствующие индексы телосложения.

Неотъемлемой частью племенной работы с рыбами является их мечение. Серийное мечение применяют для маркировки групп, различающихся по происхождению, возрасту и полу. Индивидуальное мечение, при котором каждая особь имеет свою метку, необходимо для учета производителей, их паспортизации, а также при специальных работах, таких, как оценка производителей по потомству, изучение возрастной и сезонной динамики селекционных признаков и т. п. Рыб метят обычно весной при бонитировке, реже во время осеннего учета.

Способы мечения племенного материала должны удовлетворять следующим основным требованиям: метки должны быть хорошо различимыми, сохраняться длительное время и не травмировать рыб; техника мечения должна быть достаточно проста, не слишком трудоемка, при мечении нельзя допускать длительного пребывания рыбы вне воды.

Наиболее широко в настоящее время используют подрезание плавников и мечение растворами красителей. Для рыб с мелкой чешуей удобным способом является криоклеймение.

Подрезание плавников (грудных, брюшных, хвостового) – наиболее простой способ серийного мечения. Плавники подрезают ножницами примерно на $^{2}/_{3}$ их длины. В течение ближайшего после мечения вегетационного сезона плавники отрастают (особенно быстро у молодых рыб), однако на месте среза остается рубец, заметный в течение нескольких лет.

Подрезание парных плавников рекомендуется применять для мечения групп, различающихся по возрасту. Для маркировки групп, различающихся по полу, обычно подрезают хвостовой плавник; самкам подрезают верхнюю, самцам – нижнюю лопасти.

Мечение раствором красителей является достаточно эффективным способом при мечении рыб с крупной чешуей (например, чешуйчатые карпы, белые амуры и др.). Для мечения применяют стойкие красители, используемые в текстильной промышленности.

У рыб, тело которых покрыто чешуей, раствор красителя вводят с помощью шприца с иглой в чешуйные кармашки, у голых рыб – подкожно. Необходимо следить, чтобы раствор не попал в мышцы, так как это может вызвать сильное воспаление в области введения красителя.

Инъекцию растворов красителей широко используют для серийного и индивидуального мечения.

Для индивидуального мечения принята десятичная система обозначения меток, наносимых в области брюшка. Цвет красителя соответствует определенному разряду цифры (синий – единицы, красный – десятки, оранжевый – сотни), а место введения – значению цифры (от 1 до 9).

2.3. Основные селекционные признаки в рыбоводстве (скорость роста, жизнеспособность, эффективность использования корма и пищевая ценность рыб)

Основные селекционные признаки в рыбоводстве связаны с признаками продуктивности. Под продуктивностью в рыбоводстве понимают суммарный прирост массы рыб, получаемый за определенный период с единицы площади или объема (пруда, бассейна и т. д.). Получение высококачественной продукции в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами является важнейшей задачей, стоящей перед работниками сельхозпредприятий. Скорость роста является важным селекционным признаком. Рост рыбы зависит от совокупности внутренних и внешних факторов. При организации селекционных мероприятий необходимо учитывать следующие особенности роста рыб:

1. Рыбы растут в течение всей жизни, однако наиболее интенсивный рост наблюдается в период до достижения ими половой зрелости. У большинства видов самки крупнее, чем самцы (половой диморфизм), что связано с более ранним половым созреванием самцов, тормозящим соматический рост.

2. Скорость роста рыб сильно подвержена влиянию условий среды. Как и у всех пойкилотермных животных, рост рыб зависит от температуры воды. Существенное влияние на рост рыб оказывают также обеспеченность их пищей, качество корма, гидрохимический режим водоема и т. п. Влияние любого из перечисленных факторов, особенно температуры и условий питания, приводит к огромным различиям по средней массе у особей одного и того же возраста и происхождения. У рыб при определенных неблагоприятных условиях возможна полная остановка роста в продукционном возрасте (чего обычно не наблюдается у теплокровных домашних животных).

Влияние окружающей среды на скорость роста обусловливает сильную модификационную изменчивость массы тела и затрудняет выявление генетических различий между отдельными индивидуумами и группами рыб. Наследуемость данного признака оказывается, как правило, относительно невысокой даже у тех видов рыб, которые почти не затронуты селекцией. Например, у карпа коэффициент наследуемости массы тела обычно не превышает 0,2, что определяет низкую эффективность массового отбора по этому признаку.

3. Изменчивость массы тела рыб характеризуется определенной динамикой. После завершения эмбриогенеза внутрипопуляционная изменчивость обычно невелика: коэффициент вариации массы у личинок – 2–3 %; у мальков он гораздо выше – 40–50 %. В дальнейшем изменчивость несколько снижается, составляя у сеголетков 20–30 %, двухлетков – 15–20 %, трехлетков – 12–15 %, у старших возрастных групп – около 10 %.

Возрастное снижение изменчивости связано с уменьшением влияния условий среды на рост, а также с компенсационным ростом: отстающие особи догоняют остальных, что приводит к снижению общей изменчивости признака.

4. При совместном выращивании большое влияние на рост рыб может оказывать фактор взаимодействия – более крупные рыбы угнетают рост более мелких; последнее приводит к усилению индивидуальных различий.

Влияние фактора взаимодействия особенно четко прослеживается при сравнении результатов раздельного и совместного выращивания

групп рыб, различающихся по массе. В обоих случаях рыбы с большей начальной массой оказываются, как правило, крупнее. Однако при совместном выращивании эти различия усиливаются и тем больше, чем выше плотность посадки рыб и, следовательно, конкуренция.

Рост рыбы является видовым приспособлением к условиям среды. При равных условиях особи малых размеров какого-либо вида обеспечивают существование многочисленных популяций, но нередко они усиленно выедаются хищниками. Поэтому для них характерна повышенная воспроизводительная способность или иные биологические приспособления, обеспечивающие поддержание численности на должном уровне (защитные приспособления, охрана икры и молоди, специфические особенности образа жизни и др.). Высокий темп роста и крупные размеры обеспечивают значительное ослабление пресса хищников, но для накопления численности таким рыбам необходима большая и разнообразная по составу кормовая база, способная обеспечить питание различных возрастных групп.

Скорость роста рыб, как и других сельскохозяйственных животных, изучают по трем основным направлениям:

1. Абсолютный прирост (АП), или массонакопление за период выращивания:

$$АП = М_к – М_н, \quad (7)$$

где $М_к$ – масса рыбы в конце периода выращивания, г;

$М_н$ – масса рыбы в начале периода выращивания, г.

2. Относительный прирост (ОП) показывает, во сколько раз изменилась масса тела рыб в конце периода выращивания (АП) по отношению к исходному уровню ($М_н$):

$$ОП = \frac{М_к - М_н}{М_н} = \frac{АП}{М_н}. \quad (8)$$

3. Среднесуточный прирост (СП) – прирост массы рыб за сутки откорма:

$$СП = \frac{М_к – М_н}{t} = \frac{АП}{t}, \quad (9)$$

где t – время откорма, сут.

Жизнеспособность ($В_{выжив}$) относится к количественным признакам. Однако по характеру индивидуального проявления этот селекционный признак является альтернативным (или рыба погибает, или вы-

живает). Это затрудняет применение к данному признаку обычных методов отбора.

Для повышения интенсивности отбора по жизнеспособности проводят выращивание селекционного материала на так называемом провокационном сроке, усиливая действие фактора, по которому ведется отбор. Менее устойчивые особи погибают, более приспособленные сохраняются.

Жизнеспособность находится под контролем естественного отбора и у отдельных видов рыб идет в противоположном направлении с естественным отбором. Трудность возникает при селекции рыб на устойчивость к заболеванию. Это связано с чрезвычайно медленным темпом селекционного процесса в сравнении с темпом эволюции самого возбудителя, что обеспечивает высокую приспособляемость последнего. Ведется селекционная работа на устойчивость рыб к разным токсическим веществам: детергентам, пестицидам, сточным водам животноводческих комплексов и другим промышленным стокам, попадающим в водоемы. Такую селекцию, однако, следует проводить очень осторожно и только в отношении токсикантов с коротким периодом распада, так как у «устойчивых» рыб возможно прижизненное накопление токсических веществ, что может быть опасным для человека. Для вычисления процента отхода рыб используют формулу

$$\text{От} = \frac{n_{\text{п}} - n_{\text{о}}}{n_{\text{п}}} \cdot 100, \qquad (10)$$

где $n_{\text{п}}$ – количество рыб при посадке, экз;

$n_{\text{о}}$ – количество рыб при облове, экз.

Для вычисления жизнеспособности рыб определяют показатель сохранности, или выживаемости, по следующей формуле:

$$\text{В}_{\text{выжив}} = \frac{n_{\text{о}}}{n_{\text{п}}} \cdot 100, \qquad (11)$$

Показатель сохранности выражается в процентах.

Селекция рыб на эффективность использования корма сопряжена с большими трудностями: во-первых, из-за невозможности прижизненного индивидуального учета съеденного корма, во-вторых, из-за потерь корма в результате его вымывания и смешивания с почвой ложа пруда и, в третьих, из-за присутствия в прудах трудно учитываемой естественной пищи. Указанные причины не позволяют определить величину фактически съеденного рыбами корма, поэтому в работах с

рыбами возможна лишь косвенная селекция на оплату корма с использованием корреляционно связанных признаков.

Положительную связь с оплатой корма имеет скорость роста. Быстрорастущий карп эффективнее использует корма, чем сазан. Соответствующие различия по оплате корма наблюдаются при сравнении хорошо отселекционированных по скорости роста пород карпа и беспородных карпов. Для повышения эффективности селекции по оплате корма важное значение может иметь учет некоторых физиологических признаков: активности пищеварительных ферментов, переваримости кормов, уровня и характера обмена веществ и других показателей, связанных с интенсивностью потребления корма и его усвоением.

Пищевая ценность рыбной продукции зависит от многих признаков, к числу которых относятся соотношение съедобных и несъедобных частей, вкусовое качество и химический состав мяса, а у некоторых видов рыб – число межмышечных косточек (костистость).

Увеличение выхода съедобных частей (убойный выход) представляет хозяйственный интерес применительно ко всем видам рыб. Показателями, которые можно использовать при селекции в указанном направлении, являются некоторые особенности телосложения: особи с бóльшим выходом мясной продукции характеризуются меньшим размером головы, более округлой (мясистой) формой тела.

Среди интерьерных признаков, характеризующих качество мясной продукции, важнейшими являются содержание внутриполостного и межмышечного жира, число межмышечных косточек (у карповых рыб). Внутриполостной жир у рыб, как правило, не представляет пищевой ценности. Высокое его содержание у производителей приводит к аномалиям в развитии гонад и снижению плодовитости. Слишком высокое содержание межмышечного жира приводит к снижению вкусовых качеств мяса. Снижение жирности мяса является одним из направлений селекции карпа в Венгрии. Однако методика прижизненного определения жирности еще не разработана, что затрудняет проведение селекции по этому признаку.

2.4. Воспроизводительная способность рыб. Плодовитость. Сроки и скорость полового созревания

Размножение – это важнейший жизненный процесс, обеспечивающий воспроизводство популяции и сохранение вида. Этот процесс у рыб имеет ряд специфических черт, так как данные животные оби-

тают в воде. Прежде всего, это наружное оплодотворение и большое количество икры, оставляемой одной особью после выметывания.

Однако у большинства рыб оплодотворение и инкубация икры в воде влечет за собой большую гибель потомства на ранних стадиях онтогенеза, поэтому для сохранения вида в процессе эволюции у рыб выработалась или большая плодовитость, или забота о потомстве.

Плодовитость рыб намного больше, чем наземных позвоночных животных. Однако она сильно варьирует в зависимости от вида рыб. Наиболее плодовитыми являются рыбы, откладывающие плавающую (пелагическую) икру. Меньшую плодовитость имеют рыбы, откладывающие икру на растениях. У рыб, охраняющих или прячущих свою икру, плодовитость самая низкая (морской конек, тиляпии, горчаки). У одного и того же вида плодовитость может сильно изменяться в зависимости от размера и возраста рыб, а также от условий питания.

В рыбоводстве важны прежде всего показатели плодовитости самок. Различают три вида плодовитости: абсолютная, или индивидуальная (АП), относительная (ОП) и рабочая (РП).

Абсолютная плодовитость (АП) – это общее количество икры, выметанное самкой за один нерестовый сезон при благоприятных условиях, общее число икринок в яичнике (тыс. шт.):

$$АП = М_г \cdot i, \qquad (12)$$

где $М_г$ – масса гонад, масса всей выметанной икры, г;

i – число икринок в 1 г, шт.

Относительная плодовитость (ОП) – это количество икры, приходящееся на единицу массы тела самки:

$$ОП = \frac{М_г - i}{М_т}, \qquad (13)$$

где $М_т$ – масса тела самки, г.

Рабочая плодовитость (РП) – это количество икры, получаемое от одной самки при проведении искусственного осеменения в рыбоводной практике. Величина рабочей плодовитости близка к показателям абсолютной плодовитости. Многие рыбы (форель, сиговые и др.) выметывают в период нереста почти всю икру, и в этом случае рабочая плодовитость практически совпадает с абсолютной плодовитостью (РП = АП).

Важнейшей рыбоводной характеристикой является число личинок, получаемых от одной самки. Хотя данный показатель зависит от мно-

жества факторов (качества используемых самцов, условий и способов получения потомства и т. п.), он в целом тесно коррелирует с плодовитостью самок и может быть использован для ее оценки.

Все показатели плодовитости являются чрезвычайно изменчивыми признаками. Коэффициент вариации (C_v) абсолютной и рабочей плодовитости у самок карпа составляет иногда более 30 %, у белого толстолобика доходит до 50 %, у пестрого толстолобика – до 30 %, у пеляди равен 30–40 %. Столь же высокая изменчивость наблюдается по относительной плодовитости и коэффициенту зрелости.

Абсолютная плодовитость тесно коррелирует с массой тела рыб. Коэффициент корреляции между этими признаками составляет обычно 0,6–0,8 и более. Следовательно, селекция по массе тела может привести и к увеличению плодовитости рыб. Отбор более крупных рыб в годовалом возрасте привел к увеличению абсолютной рабочей плодовитости самок на 11 %, а относительной – на 5 %. Однако необходимо иметь в виду, что особенно крупные рыбы часто бывают яловыми. Не исключено, что очень быстрый рост приводит к нарушению физиологических процессов, регулирующих нормальное половое созревание рыб. Возможна и обратная причина: нарушение в развитии воспроизводительной системы снижает затраты на генеративный обмен и тем самым обеспечивает более интенсивный соматический рост.

Признаки плодовитости у рыб подвержены сильному влиянию внешней среды. Важное значение для рыбоводной практики имеют показатели, характеризующие качество половых продуктов. У самок учитывают обычно величину (среднюю массу или средний диаметр) икринок, цвет икры и некоторые другие признаки.

Важнейшей характеристикой качества икры является выживаемость потомства в процессе эмбрионального развития.

Половая зрелость у разных видов рыб наступает в разном возрасте. Так, рыбы с коротким жизненным циклом созревают в годовалом возрасте. Рыбы с продолжительным циклом (например, осетровые), становятся половозрелыми в возрасте 6–12 лет (осетр) и даже 18–20 лет (белуга и калуга). Половозрелость очень сильно зависит от температуры воды и наличия пищи. Достигнув половой зрелости, рыбы совершают нерестовые миграции, перемещаясь от места нагула или зимовки к местам нереста, что является приспособлением к наиболее благоприятным условиям для эмбрионального и постэмбрионального развития.

Скорость полового созревания относится к числу важнейших характеристик воспроизводительной способности рыб. У рыб с медленным половым созреванием (осетровые, растительноядные рыбы и др.)

получение зрелых производителей в более раннем возрасте позволяет снизить затраты на выращивание племенного материала, ускорить смену поколений и селекционный процесс в целом. В северных районах это направление селекции является весьма актуальным и для карповодства.

С хозяйственной точки зрения важно, чтобы половое созревание наступило после достижения рыбами товарного возраста, поскольку по мере приближения половой зрелости темп роста рыб существенно снижается. Замедление роста у самок наблюдается уже при переходе гонад в III стадию зрелости. Поэтому в южных районах иногда возникает необходимость селекции на более позднее половое созревание. Так, в Туркмении самцы карпа созревают в возрасте 1 года, а самки – 1–2 лет, что является одной из причин снижения рыбопродуктивности прудов. Этот вопрос особенно актуален при выращивании карпа в тепловодных хозяйствах, где самцы становятся текучими в возрасте нескольких месяцев.

Изменчивость по срокам наступления полового созревания отмечена у всех рыб. У ропшинского карпа в условиях Северо-Запада 60–70 % рыб созревают в возрасте 5 лет, а остальные – в возрасте 6 лет; отдельные самки дают потомство уже в 4-летнем возрасте. Внутрипопуляционная изменчивость по срокам наступления половой зрелости с колебаниями в 1–2 года отмечена также у белого и пестрого толстолобиков.

Время готовности производителей к нересту называется сроком созревания, данный показатель представляет практический интерес в работах со многими видами рыб.

Изменчивость по времени полового созревания самок в нерестовом сезоне особенно свойственна видам, находящимся на начальной стадии одомашнивания (растительноядные рыбы, пелядь и др.). У белого и пестрого толстолобиков кривая распределения по срокам созревания бывает обычно многовершинной. Наличие разнородных по срокам нереста групп у данных видов является, скорее всего, следствием гетерогенности по этому признаку природных популяций. Высокий уровень повторяемости срока сезонного созревания (коэффициент повторяемости – свыше 0,7) выявлен и у традиционного объекта рыбоводства – форели.

Высокие изменчивость и повторяемость по срокам нереста позволяют предположить наличие большой наследственной гетерогенности по этому признаку и возможность эффективной селекции, что подтверждается уже достигнутыми результатами.

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Задача 1. Определить процент отхода и выживаемость трехлетков стерляди в опытном рыбхозе «Селец», если известно, что 01.06.2008 в садок № 32 было посажено 374 головы, а 21.08.2008 осталось 312 голов.

Решение:

1. Воспользуемся формулой (10), подставим значения и вычислим процент отхода:

$$\text{От} = \frac{n_{\text{п}} - n_{\text{о}}}{n_{\text{п}}} \cdot 100 = \frac{374 - 312}{374} \cdot 100\ \% = 16{,}8\ \%.$$

2. Определим выживаемость (сохранность) выращиваемой рыбы:

$$\text{В}_{\text{выжив}} = 100 - 16{,}6 = 83{,}4\ \%.$$

Ответ: в 2008 г. выживаемость стерляди составила 83,4 %.

Задача 2. Рассчитать убойный выход, если известно, что масса рыбы перед потрошением составляет 3,8 кг, а масса тушки – 2,5 кг.

Решение:

1. Переведем все предложенные первичные данные в граммы: 3,8 кг = 3 800 г; 2,5 кг = 2 500 г.

2. Убойный выход – это соотношение потрошеной тушки к ее массе перед потрошением, выраженное в процентах:

$$\text{УВ} = \frac{\text{М}_{\text{тушки}}}{\text{М}_{\text{тела}}} = \frac{2\,500}{3\,800} \cdot 100\ \% = 65{,}8\ \%. \qquad (14)$$

Ответ: убойный выход данного вида рыбы составляет 65,8 %, а отход – 34,2 %.

Задача 3. Вычислить по группе пятилетков карпа абсолютный, относительный и среднесуточный прирост, если известно, что на опытном участке рыбхоза откармливались три группы рыб разных отводков с 1 апреля по 1 сентября. Определить сохранность рыб по группам и в среднем за эксперимент. Данные представлены в табл. 6.

Таблица 6. **Первичный материал**

Номер отводка	Кол-во при посадке, тыс. шт.	Масса, г		Кол-во при облове, тыс. шт.
		$\text{М}_{\text{н}}$	$\text{М}_{\text{к}}$	
1	24	2 500	3 100	22
2	31	2 400	3 300	30
3	33	2 200	4 100	30

Решение:

1. Определим сроки выращивания и откорма рыбы. Количество дней откорма с 1 апреля по 1 сентября составляет: 30 (дней в апреле) + 31 (дней в мае) + 30 (дней в июне) + 31 (дней в июле) + 31 (дней в августе) = 93 дня.

2. По формуле (7) рассчитаем абсолютный прирост по всем группам и результаты запишем в расчетную табл. 7. Для отводка 1:

$$АП = М_к – М_н = 3\,100 – 2\,500 = 600 \text{ г и т. д.}$$

3. По формуле (8) рассчитаем относительный прирост по всем группам и результаты запишем в расчетную табл. 7. Для отводка 1:

$$ОП = \frac{М_к – М_н}{М_н} = \frac{АП}{М_н} = \frac{3\,100 – 2\,500}{2\,500} = \frac{600}{2\,500} = 0{,}24.$$

4. По формуле (9) рассчитаем среднесуточный прирост по всем группам и результаты запишем в расчетную табл. 7. Для отводка 1:

$$СП = \frac{М_к – М_н}{t} = \frac{АП}{t} = \frac{600}{93} = 6{,}45 \text{ г.}$$

5. По формуле (11) рассчитаем выживаемость по отводку 1:

$$В_{выжив} = \frac{n_о}{n_п} \cdot 100 = \frac{22}{24} \cdot 100\ \% = 91{,}67\ \%.$$

6. Заполним табл. 7 расчетными данными.

Таблица 7. **Расчетные данные**

Прирост			Выживаемость, %
АП, г	ОП	СП, г	
600	0,24	6,45	91,67
900	0,34	9,68	96,77
1 900	0,86	20,4	90,91

Задача 4. При создании нивчанского внутрипородного типа украинского карпа применили вводное скрещивание самок украинской породы с самцами ропшинской породы (улучшатель) до получения потомства третьего поколения. Потомство F_3 скрестили между собой, а полученных потомков возвратно скрестили с украинскими карпами. Составить схему скрещивания и рассчитать долю кровности по исходным породам, участвующим в данном скрещивании.

Решение:

Необходимо принять условные обозначения для решения структурной родословной. Самки обозначаются кружком, самцы –

квадратом. Различные породы при скрещивании окрашиваются в соответствующий оттенок. Потомки обозначаются как гибриды соответствующего поколения (F_1, F_2, $F_в$, $F_а$). Генотип рассчитывается как сумма генотипов родителей, деленная на 2:

$$F_1 = \frac{1У + 1P}{2} = \frac{1}{2}У + \frac{1}{2}P.$$

Задача 5. Для получения товарной рыбы провели простое промышленное скрещивание пород *A* и *B*. Определить, имеет ли смысл в дальнейшем проводить скрещивание этих пород, если средняя масса рыбы породы *A* равна 2 000 г, *B* – 2 500 г, а масса F_1 составляет 2 700 г. Рассчитайте истинный, гипотетический и конкурсный гетерозис, если по требованиям селекционной программы масса рыбы данного вида в этом возрасте должна быть не менее 2 550 г.

Решение:

1. Вычислим среднее значение по массе рыб родительских отводков:

$$P_{ср} = \frac{A + B}{2} = \frac{2\,000 + 2\,500}{2} = \frac{4\,500}{2} = 2\,250 \text{ г}.$$

2. Рассчитаем гипотетический гетерозис:

$$Г_{гип} = \frac{F_1 - P_{ср}}{P_{ср}} \cdot 100 = \frac{2\,700 - 2\,250}{2\,250} \cdot 100\,\% = 20\,\%. \quad (15)$$

3. Рассчитаем истинный гетерозис:

$$Г_{ист} = \frac{F_1 - P_{луч}}{P_{луч}} \cdot 100 = \frac{2\,700 - 2\,500}{2\,500} \cdot 100\,\% = 8\,\%. \quad (16)$$

4. Рассчитаем конкурсный гетерозис:

$$Г_{кон} = \frac{F_1 - S_t}{S_t} \cdot 100 = \frac{2\,700 - 2\,550}{2\,550} \cdot 100\,\% = 6\,\%. \quad (17)$$

Ответ: дальнейшая гибридизация этих пород целесообразна, так как все виды гетерозиса были положительными и превосходили 5%-ный рубеж. Это означает, что эффективность при таком разведении товарной рыбы будет не ниже 8 % (как показывает истинный гетерозис).

Задача 6. При разведении форели был допущен целенаправленный инбридинг. Цель инбридинга – повышение оплаты корма. Для скрещивания использовали пять пар производителей. Соотношение самцов и самок 1:1. Определить коэффициент нарастания гомозиготности как за одно (F_x), так и за пять поколений (F_t) родственного скрещивания.

Решение:

1. Определим общее количество рыб: $N = 5$ (пар) $\cdot$ 2 = 10 шт.

2. Рассчитаем коэффициент инбридинга за одно поколение:

$$F_x = \frac{1}{2N} = \frac{1}{2 \cdot 10} = \frac{1}{20} = 0{,}05. \quad (18)$$

3. Рассчитаем коэффициент инбридинга за пять поколений:

$$F_t = 1 - (1 - F_x)^t = 1 - (1 - 0{,}05)^5 = 0{,}23. \quad (19)$$

4. Согласно классификации значений коэффициента инбридинга, предложенной Д. А. Кисловским, при F = 25 % и более инбридинг тесный (кровосмешение), при F от 12,5 до 25 % инбридинг близкий, при F от 1,55 до 12,5 % инбридинг умеренный, при $F \leq 1{,}55$ % – отдаленное родство. Сопоставим полученный результат.

Ответ: 0,23, или 23 %, – это от 12,5 до 25 % по классификации, что соответствует близкому родству.

Задача 7. Рассчитать интенсивность отбора и эффект селекции за одно поколение и 1 год, если известно, что средняя масса двухлетков карпа составляет 500 г. Средняя масса карпов, отобранных на племя, – 725 г. Среднее квадратическое отклонение равно 75 г.

Решение:

1. Вычислим селекционный дифференциал по формуле (2):

$$Sd = \bar{X}_0 - \bar{X}_s = 725 - 500 = 225 \text{ г}.$$

2. Воспользуемся формулой (3), подставим значения и вычислим интенсивность отбора:

$$i = \frac{Sd}{\sigma} = \frac{225}{75} = 3.$$

3. По данным табл. 1 определим коэффициент наследуемости по массе молоди карпов: $h^2 = 0{,}21$.

4. Подставив новые значения в формулу (5) или (1), вычислим эффект селекции за одно поколение: $R_i = i \cdot \sigma \cdot h^2 = 3 \cdot 75 \cdot 0{,}21 = 47{,}25$ г, или $R_i = Sd \cdot h^2 = 225 \cdot 0{,}21 = 47{,}25$ г.

5. Эффект селекции за один год определим путем деления эффекта селекции за поколение на интервал между поколениями:

$$R_t = \frac{R}{I} = \frac{47{,}25}{5} = 9{,}45 \text{ г}. \quad (20)$$

Ответ: интенсивность отбора в данном хозяйстве находится на уровне 3. При такой селекции средняя масса двухлетков карпа за одно поколение (за 5 лет работы) увеличится примерно на 47 г. За 1 год рыба будет прибавлять не более чем 9,5 г.

Задача 8. Из 6 000 двухлетков карпа со средней длиной тела 24 см отобрали для воспроизводства 1 000 рыб. Коэффициент изменчивости (C_v) по изучаемому признаку составил 10 %. Необходимо рассчитать эффект селекции за 1 год селекции, за одно и за пять поколений массового отбора.

Решение:

1. Определим напряженность отбора по формуле (6):

$$V = \frac{n \cdot 100}{N} = \frac{1\,000 \cdot 100\,\%}{6\,000} = 16{,}7\,\%.$$

2. Воспользуемся данными табл. 2 и определим интенсивность отбора: $i = 1{,}55$.

3. Вычислим значение среднего квадратического отклонения (сигма) по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{C_v \cdot \overline{X}}{100} = \frac{10 \cdot 24}{100\,\%} = 2{,}4 \text{ см}. \qquad (21)$$

4. Определим по данным табл. 1 значение коэффициента наследуемости по длине тела молоди карпа: $h^2 = 0{,}21$.

5. Эффект селекции за одно поколение рассчитаем по формуле (5):

$$R_i = i \cdot \sigma \cdot h^2 = 1{,}5 \cdot 2{,}4 \cdot 0{,}21 = 0{,}8 \text{ см}.$$

За 5 лет селекционной работы (это одно поколение у рыб) длина тела в среднем по популяции в данном рыбхозе увеличится и составит:

$$\overline{X_1} = 24 + 0{,}8 = 24{,}8 = 25 \text{ см}.$$

6. Ожидаемый селекционный эффект за пять поколений массового отбора составит:

$$R_t = R_5 = 0{,}8 \cdot 5 = 4 \text{ см}.$$

Через 25 лет селекционной работы (это пять поколений у рыб) длина тела в среднем по популяции в данном рыбхозе увеличится и составит:

$$\overline{X_5} = 24 + 4 = 28 \text{ см}.$$

7. Эффект селекции за 1 год определим путем деления эффекта селекции за поколение на интервал между поколениями:

$$R_t = \frac{R}{I} = \frac{0{,}8}{5} = 0{,}16 \text{ см}.$$

За 1 год селекционной работы длина тела увеличится незначительно – всего на 0,16 см.

Задача 9. Рассчитать число поколений селекции, необходимое для увеличения средней массы двухлетков карпа на 100 г, при условии, что среднее квадратическое отклонение составляет 45 г, коэффициент наследуемости признака по массе тела равен 0,3, а селекционной программой предусмотрен отбор на племя не более 5 % от числа выращенных двухлетков. Средняя масса рыб до отбора составляет 350 г. Необходимо при расчетах учитывать тот факт, что наследуемость в каждом поколении снижается на 10 %.

Решение:

1. Установим значение интенсивности отбора по данным табл. 2. При $V = 5$ % $i = 2{,}06$.

2. Рассчитаем эффект селекции следующим образом: $R_i = i \cdot \sigma \cdot h^2 = 2{,}06 \cdot 45 \cdot 0{,}3 = 27{,}81 = 28$ г.

3. Определим суммарный эффект селекции, суммируя постепенно все эффекты за предыдущие поколения: $R_\Sigma = 28 + 25 = 53 + 22 = 75 + 20 = 95 + 19 = 114$. Полученные результаты записываем в табл. 8.

Таблица 8. **Расчет суммарного селекционного эффекта**

Показатель	Поколение				
	1	2	3	4	5
h^2	0,30	0,27	0,24	0,22	0,20
σ	45	45	45	45	45
i	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
R_i	28	25	22	20	19
R_Σ – суммарный селекционный эффект	2	53	75	95	114
Масса рыбы, г	378	403	425	445	464

Выводы: как показывают результаты расчетов (табл. 8), увеличения средней массы карпа на 100 г и более можно будет ожидать только к пятому поколению. Примерно через 25 лет селекционной работы в этом направлении средняя масса двухлетков карпа будет равна 350 + + 114 = 464 г, что на 32,6 % выше, чем было изначально.

Задача 10. Рассчитать индекс относительной высоты тела и коэффициент упитанности у производителей карпа, если известно, что жи-

вая масса составляет 2,9 кг. Длина тела равна 45 см, высота тела – 13,8 см. Обосновать полученные результаты, если у карпа, отселекционированного по скорости роста, $К_у$ = 3,2 %.

Решение:

1. Вычислим индекс относительной высоты тела (ИОВТ):

$$ИОВТ = \frac{l}{H} = \frac{45}{13,8} = 3,3. \quad (22)$$

2. Переведем массу карпа из килограммов в граммы: 2,9 кг = 2 900 г.

3. Рассчитаем коэффициент упитанности:

$$К_у = \frac{P}{l^3} \cdot 100 = \frac{2\,900}{45^3} \cdot 100\ \% = 3,18\ \%. \quad (23)$$

4. Сравним полученный коэффициент упитанности с требуемым показателем по селекционной программе: $К_у = 3,18 \approx К_{у\,st} = 3,2$.

Коэффициенты упитанности примерно равны. Селекционная работа в данном рыбхозе ведется.

Задача 11. В результате эволюции кариотип сельди изменился с 48 до 52 (фундаментальное число (*NF*) при этом остается неизменным). Как называются аберрации, в результате которых произошло увеличение числа хромосом? Описать процесс увеличения хромосомного комплекса. Какое количество хромосом участвовало в мутагенезе? Привести расчеты.

Решение:

1. Узнаем количество хромосом, участвующих в эволюционном процессе: 52 – 48 = 4.

2. Количество хромосом увеличилось – значит, произошло центрическое деление хромосом, что привело к увеличению хромосомного аппарата.

3. В процессе эволюции участвовало 4 метацентрические хромосомы, которые разорвались в области первичной перетяжки, и из 1 метацентрической хромосомы образовалось 2 телоцентрические. В нашем случае из 4 метацентрических образовалось 8 телоцентрических хромосом.

4. Определим количество хромосом, не участвующих в эволюции: 48 – 4 = 44.

5. Проверим: количество не участвующих в эволюции хромосом и количество новых, образованных в результате центрических делений, должно соответствовать современному кариотипу сельди: 44 + 8 = 52. Фундаментальное число (*NF*) при таких аберрациях остается неизменным.

Задача 12. Используя схематическое обозначение, составить хромосомную карту кариотипа, если известно, что $2n = 8$, $NF = 14$; в данном кариотипе имеются 1 метацентрическая и 2 субметацентрические хромосомы.

Решение:

1. Установим возможное количество плеч (фундаментальное число) в предложенном кариотипе: $8 \cdot 2 = 16$.

2. Разница в возможном и фактическом значении *NF* составит: $NF = 16 - 14 = 2$ плеча.

3. Из условия видно, что было распознано 3 хромосомы (1 метацентрическая и 2 субметацентрические) и они состоят из 6 плеч ($NF = 3 \cdot 2 = 6$).

4. Из общего количества *NF* отнимаем 6 плеч, и остаются составные части неиспользованных хромосом, т. е. те, из которых построены оставшиеся, нераспознанные хромосомы: $8 - 3 = 5$.

5. На 5 нераспознанных хромосом приходятся оставшиеся участки: $NF = 14 - 6 = 8$.

6. Если бы все 5 нераспознанных хромосом были полностью сформированными и состояли из 2 плеч, то содержали бы 10 *NF* ($NF = 5 \cdot 2 = 10$). У нас только 8 NF.

7. Остается вариант, при котором из нераспознанных хромосом 3 акроцентрические и 2 телоцентрические. На них приходится 8 плеч: $3 \cdot 2 = 6$ (*A*) и $2 \cdot 1 = 2$ (*T*), $6 + 2 = 8$ (*NF*).

8. Проверим: всего 8 хромосом кариотипа ($2n$) должны содержать 14 плеч (*NF*):

1 хромосома метацентрическая: $1 \cdot 2 =$ **2** (*NF*);

2 хромосомы субметацентрические: $2 \cdot 2 =$ **4** (*NF*);

3 хромосомы акроцентрические – $3 \cdot 2 =$ **6** (*NF*);

2 хромосомы телоцентрические – $2 \cdot 1 =$ **2** (*NF*);

$2 + 4 + 6 + 2 = 14$ (*NF*) – решение верно.

Задача 13. У одной из разновидностей морской рыбы 2-аллельная доминантная система групп крови. Аллель А > Б. При скрещивании самки и самца с группой Б и А получили в F_1 115 мальков. При разведении потомков первого поколения в себе в F_2 получили 1 600 мальков. Определить фенотипы и генотипы по группам крови у гибридов первого и второго поколений. Подтвердить схемой скрещивания.

Решение:

1. Установим группы крови в данной системе – 2-аллельной доминантной: 1-я группа (А) имеет два генотипа: АА и АБ, 2-я группа – только один генотип ББ.

2. Проведем первое скрещивание (F_1), скрестим гомозиготных рыб с 1-й и 2-й группами крови – *P*: ♀АА×♂ББ.

3. Обе родительские особи чистой линии дают по одному типу гамет: мать – ♀А; отец – ♂Б.

4. В F_1 получаем всех рыб (100 %) с 1-й группой крови и генотипом АБ. Таких по условию было 115.

5. Проведем второе скрещивание (F_2), скрестим гибридных по группе крови рыб с генотипом АБ между собой ($F_2 = F_1 \times F_1$): ♀АБ × ♂АБ.

6. Гибридные родители дают по два типа гамет: $G_А$ и $G_Б$.

7. Всего в F_2 получим четыре варианта групп скрещивания: АА; АБ; АБ; ББ.

8. В процентном соотношении получим по 25 % каждой группы рыб, или согласно нашему условию по 400 шт. рыб в каждой группе (1 600 : 4 = 400 шт.).

9. Согласно схеме скрещивания в F_2 1 200 рыб имели 1-ю группу крови (генотипы АА и АБ) и 400 рыб имели 2-ю группу крови (генотип ББ).

Задача 14. У анчоуса 2-аллельная кодоминантная система определения групп крови: аллели d_1 и d_2. Произвели скрещивание самки с группой крови d_2 с самцом, имеющим группу крови d_1. Полученных потомков скрестили между собой. В результате разведения в себе во втором поколении получено 1 200 мальков. Определить фенотип и генотип родителей и потомков по группам крови. Сколько групп крови в данной системе может быть у этих рыб?

Решение:

1. Установим группы крови в данной системе – 2-аллельной кодоминантной. Всего три группы крови: 1-я группа имеет один генотип d_1d_1; 2-я группа – один генотип d_2d_2; 3-я группа – генотип d_1d_2.

2. Проведем первое скрещивание (F_1), скрестим гомозиготных рыб со второй группой крови d_2d_2 с самцами, имеющими первую группу крови d_1d_1, – *P*: ♀d_2d_2 × ♂d_1d_1.

3. Оба родителя чистой линии дают по одному типу гамет: мать – ♀d_2; отец – ♂d_1.

4. В F_1 получаем всех рыб (100 %) с 3-й группой крови и генотипом d_1d_2.

5. Проведем второе скрещивание (F_2), скрестим гибридных с 3-й группой крови рыб с генотипом d_1d_2 между собой ($F_2 = F_1 \times F_1$): ♀d_1d_2×♂d_1d_2.

6. Гибридные родители дают по два типа гамет: Gd_1 и Gd_2.

7. Всего в F_2 получим четыре варианта групп скрещивания: d_1d_1; d_1d_2; d_1d_2; d_2d_2.

8. В процентном соотношении получим по 25 % каждой группы рыб, или согласно нашему условию по 300 шт. рыб в каждой группе (1 200 : 4 = 300 шт.).

9. Согласно схеме скрещивания в F_2 300 рыб имели 1-ю группу крови (генотип d_1d_1), 600 рыб имели 3-ю группу крови (генотип d_1d_2) и 300 рыб имели 2-ю группу крови (генотип d_2d_2).

Задача 15. У сельди 3-аллельная доминантная система групп крови. Аллель I^A доминирует над аллелем I^B и нулевым аллелем i, аллель I^B доминирует над аллелем i.

Скрестили самку с генотипом группы крови I^AI^B с самцом, генотип которого ii, и получили 700 рыб. Какое расщепление по генотипу и фенотипу групп крови можно ожидать у потомства? Записать все возможные генотипы этих групп крови. Рассчитать структуру распределения особей потомства по фенотипу групп крови.

Решение:

1. Установим группы крови в данной системе – 3-аллельной доминантной. Всего три группы крови: 1-я группа имеет один генотип ii, 2-я группа – три генотипа: I^AI^A, I^Ai, I^AI^B и 3-я группа – генотипы I^BI^B, I^Bi.

2. Проведем предложенное скрещивание (F_B), скрестим самок с группой крови I^AI^B (2-я группа) с самцами, имеющими 1-ю группу крови ii, – P: $♀I^AI^B \times ♂ii$.

3. Отцовская форма чистой линии дает один тип гамет ($G♂i$), мать гетерозиготна, дает два типа гамет ($G♀I^A$; $G♀I^B$).

4. В F_B получаем два варианта групп рыб: I^Ai – 2-я группа крови и I^Bi – 3-я группа крови. Всего по 350 рыб (750 : 2 = 350 шт.).

Задача 16. У тунца 3-аллельная кодоминантная система групп крови: аллели I^A, I^B и нулевой аллель i. При скрещивании самца и самки получили потомство всех четырех групп крови. В F_B всего получено 3 200 рыб.

Определить фенотип и генотип самки и самца. Записать генотипы потомства.

Решение:

1. Установим группы крови в данной системе – 3-аллельной кодоминантной. Всего четыре группы крови: 1-я группа имеет один генотип ii, 2-я группа – два генотипа I^AI^A, I^Ai, 3-я группа – генотипы I^BI^B, I^Bi и 4-я группа крови – генотип I^AI^B.

2. Предложенное скрещивание возможно только при сочетании следующих генотипов: самки с группой крови I^Ai (2-я гетерозиготная группа) с самцом, имеющим 3-ю гетерозиготную группу крови I^Bi, – *P*: ♀I^Ai × ♂I^Bi.

3. Родительские формы гетерозиготны по группе крови и дают по два типа гамет: мать – *G*♀I^A и *G*♀*i*; отец – *G*♂*IB* и *G*♂*i*.

4. В F_B получаем четыре варианта групп рыб: I^Ai – 2-я группа крови, I^Bi – 3-я группа крови, *ii* – 1-я группа крови и I^AI^B – 4-я группа крови. Всего по 800 рыб (3 200 : 2 = 800 шт.).

Задача 17. У сардины 4-аллельная кодоминантная система групп крови: аллели: *A*, *B*, *C*, *D*. Скрестили самку с группой крови *AC* и самца с группой крови *BD*. В F_B получили 800 рыб. Записать все возможные генотипы и фенотипы потомства. Рассчитать структуру потомков по фенотипу.

Решение:

1. Установим группы крови в данной системе – 4-аллельной кодоминантной. Всего 10 групп крови. Изучаем варианты групп крови по решетке Пеннета (табл. 9).

Таблица 9. **Решетка Пеннета по группам в 4-аллельной кодоминантной системе групп крови**

Гаметы *G*	*A*	*B*	*C*	*D*
A	*AA* – 1	*AB* – 2	*AC* – 3	*AD* – 4
B	*AB* – 2	*BB* – 5	*BC* – 6	*BD* – 7
C	*AC* – 3	*BC* – 6	*CC* – 8	*CD* – 9
D	*AD* – 4	*BD* – 7	*CD* – 9	*DD* – 10

2. Скрещивание двух групп рыб возможно только при сочетании следующих генотипов: самки с группой крови *AC* (3-я гетерозиготная группа) с самцом, имеющим группу *BD* (7-я гетерозиготная группа крови), – *P*: ♀*AC* × ♂*BD*.

3. Родительские формы гетерозиготны по группе крови и дают по два типа гамет: мать – *G*♀*A* и *G*♀*B*; отец – *G*♂*B* и *G*♂*D*.

4. В F_B получаем четыре варианта групп рыб: *AB* – 2-я группа крови, *AD* – 4-я группа крови, *BB* – 5-я группа крови и *BD* – 7-я группа крови. Всего по 200 рыб (800 : 4 = 200 шт.).

Задача 18. При скрещивании самки карпа, имеющей линейный тип чешуйчатого покрова (*SsNn*), с самцом, не имеющим чешуйчатого покрова (голым карпом, *ssNn*), получили 3 600 живых мальков. Соста-

вить схему скрещивания. Установить генотипы полученных потомков. Будут ли при данной схеме скрещивания погибшие эмбрионы?

Решение:

1. Составим схему предложенного скрещивания: *P*: ♀*SsNn* × ♂*ssNn*.

2. Материнская форма дигетерозиготна по чешуйчатому покрову и дает по четыре типа гамет: *G*♀*SN*, *G*♀*Sn*, *G*♀*sN*, *G*♀*sn*. Отцовская форма гетерозиготна по второй паре генов и дает два типа гамет: *G*♂*sN* и *G*♂*sn*.

3. В F_B получаем восемь вариантов групп рыб по чешуйчатому покрову.

Для их изучения составим решетку Пеннета (табл. 10).

Таблица 10. **Решетка Пеннета по чешуйчатому покрову**

Гаметы *G*	*sN*	*sn*
SN	*SsNN* – гибель	*SsNn* – линейные
Sn	*SsNn* – линейные	*Ssnn* – чешуйчатые
sN	*ssNN* – гибель	*ssNn* – голые
sn	*ssNn* – голые	*ssnn* – разбросанные

4. Из полученных восьми вариантов две группы не выжили из-за накопления и плейотропного влияния доминантного гена *N*.

5. Рассчитаем количество выживших шести групп рыб: 3 600 : 6 = = 600 шт.

6. Из полученных расчетов, по теории вероятности, отход в двух группах составит 1 200 икринок (600 · 2 = 1 200 шт.).

7. Всего на инкубацию было заложено 1 200 + 3 600 = 4 800 шт. икринок.

Задача 19. Охарактеризовать показатели репродуктивных признаков самок карпа, если средняя масса тела равна 3,7 кг, масса икры – 580 г, число икринок в 1 г составляет 1 000 шт. Определить абсолютную, относительную плодовитость и коэффициент зрелости самок карпа.

Решение:

1. Переведем все показатели массы в граммы: 3,7 кг = 3 700 г.

2. Определим абсолютную плодовитость (АП) по формуле (12):

$$АП = М_г \cdot i = 580 \cdot 1\,000 = 580\,000.$$

3. Вычислим относительную плодовитость (ОП) по формуле (13):

$$ОП = \frac{М_г - i}{М_г} = \frac{АП}{М_г} = \frac{580\,000}{3\,700} = 156{,}8 \text{ раза}.$$

4. Рассчитаем коэффициент зрелости:

$$К_з = \frac{М_г}{М_г} \cdot 100 = \frac{580}{3\,700} \cdot 100\ \% = 15{,}7\ \%. \quad (24)$$

4. ЗАДАЧИ

1. При скрещивании чешуйчатых карпов между собой у мальков расщепления по чешуйчатому покрову не произошло. Определите возможные генотипы родителей. Составьте схемы скрещиваний, которые являлись бы доказательством определенных вами генотипов родителей.

2. При скрещивании самки карпа, имеющей чешуйчатый тип покрова, с самцом, у которого разбросанный тип чешуи, у мальков расщепления по чешуйчатому покрову не произошло. Определите возможные генотипы родителей. Составьте схему скрещивания, которая являлась бы доказательством определенных вами генотипов родителей.

3. При скрещивании чешуйчатых карпов между собой у мальков расщепление по чешуйчатому покрову произошло в следующем отношении: 3 части чешуйчатых и 1 часть разбросанных. Определите возможные генотипы родителей. Составьте схему скрещивания, которая являлась бы доказательством определенных вами генотипов родителей.

4. При скрещивании между собой карпов, имеющих линейный тип чешуйчатого покрова, у мальков расщепление по чешуйчатому покрову произошло в следующем соотношении: 25 % чешуйчатых, 50 % линейных, 8,3 % разбросанных, 16,7 % голых. Определите возможные генотипы родителей. Составьте схему скрещивания, которая являлась бы доказательством определенных вами генотипов родителей.

5. При скрещивании самки карпа, имеющей чешуйчатый тип покрова, с самцом, имеющим линейный тип чешуи, у мальков расщепление по чешуйчатому покрову произошло в следующем соотношении: 1 часть чешуйчатых и 1 часть линейных. Определите возможные генотипы родителей. Составьте все возможные схемы скрещивания, которые являлись бы доказательством определенных вами генотипов родителей.

6. При скрещивании самки карпа, имеющей линейный тип чешуйчатого покрова, с самцом, не имеющим чешуйчатого покрова, у маль-

ков расщепление по чешуйчатому покрову произошло в следующем соотношении: 16,7 % чешуйчатых и 16,7 % разбросанных, 33,3 % линейных, 33,3 % голых. Определите возможные генотипы родителей. Составьте схему скрещивания, которая являлась бы доказательством определенных вами генотипов родителей.

7. При скрещивании самки карпа, имеющей линейный тип чешуйчатого покрова, с самцом, не имеющим чешуйчатого покрова, у мальков расщепление по чешуйчатому покрову произошло в следующем соотношении: 33,3 % чешуйчатых и 66,7 % линейных. Определите возможные генотипы родителей. Составьте схему скрещивания, которая являлась бы доказательством определенных вами генотипов родителей.

8. При скрещивании самки карпа, имеющей чешуйчатый тип покрова, с самцом, не имеющим чешуи, у мальков расщепление по чешуйчатому покрову произошло в следующем соотношении: 1 часть чешуйчатых, 1 часть линейных, 1 часть голых и 1 часть разбросанных. Определите возможные генотипы родителей. Составьте схему скрещивания, которая являлась бы доказательством определенных вами генотипов родителей.

9. У карпа признак «светлая окраска» контролируется доминантным геном L, обладающим летальным эффектом в гомозиготном состоянии, ген l – отсутствие светлой окраски (темно-серая). При скрещивании карпов со светлой окраской между собой получено 750 мальков. Запишите генотипы мальков. Какова структура мальков по фенотипу?

10. У карпа появление серой окраски связано с геном g_r, отсутствие серой окраски – с геном G_r. Провели два скрещивания обычного карпа с карпом, имеющим серую окраску. В первом случае получено 2 800 мальков, у которых расщепления по окраске не произошло. Во втором случае получено 2 400 мальков, у которых наблюдалось расщепление по окраске. Составьте схемы скрещиваний. Запишите генотипы и фенотипы мальков в количественном выражении в первом и втором случаях.

11. У карпа оранжевая окраска контролируется двумя рецессивными аллелями генов – b_1 и b_2. Обычная окраска появляется, когда в генотипе присутствует хотя бы один доминантный аллель гена B_1 или гена B_2. Провели скрещивание обычного карпа, гетерозиготного по обоим генам, с оранжевым. Составьте схему скрещивания. Определите генотипы и фенотипы мальков, если в результате такого скрещивания их получено 4 800 шт.

12. У карпа появление золотистой окраски связано с геном *g*, отсутствие золотистой окраски – с геном *G*. Провели два скрещивания обычного карпа с карпом, имеющим золотистую окраску. В первом случае получено 2 500 мальков, у которых расщепления по окраске не произошло. Во втором случае получено 2 400 мальков, у которых наблюдалось расщепление по окраске. Составьте схемы скрещиваний. Запишите генотипы и фенотипы мальков в количественном выражении в первом и втором случаях.

13. У карпа обычная окраска, контролируемая геном *R*, преобладает над голубой, которая контролируется геном *r*, а наличие светло-желтого орнамента на голове, контролируемое геном *D*, преобладает над отсутствием этого орнамента (ген *d*). Провели скрещивание карпов, гетерозиготных по обоим генам, между собой. Какое расщепление по генотипу и фенотипу будет наблюдаться у мальков, если количество полученного потомства составило 4 800 шт.?

14. У форели ген золотистой окраски *G* неполно доминирует над геном темно-серой окраски *g*, вызывая появление окраски паломино. При скрещивании форели, имеющей окраску паломино, с форелью темно-серой окраски получено 3 700 мальков. Какое расщепление по генотипу и фенотипу будет наблюдаться у потомства?

15. У канального сомика имеется альбиностический ген *a*. При скрещивании самца и самки, имеющих нормальную окраску, в потомстве появились альбиносы. Какое расщепление по генотипу и фенотипу будет наблюдаться у мальков, если их получено 3 200 шт.? Запишите схему скрещивания.

16. В результате эволюции кариотип сельди изменился с 48 до 52 (фундаментальное число (*NF*) при этом остается неизменным). Как называются аберрации, в результате которых произошло увеличение числа хромосом? Опишите процесс увеличения хромосомного комплекса. Какое количество хромосом участвовало в мутагенезе? Приведите расчеты.

17. Используя схематическое обозначение, составьте хромосомную карту кариотипа, если известно, что $2n = 10$, $NF = 17$; в данном кариотипе 3 метацентрические и 3 субметацентрические хромосомы.

18. У одной из разновидностей морской рыбы двухаллельная доминантная система групп крови. Аллель $R_1 > R_2$. При скрещивании самки и самца с группой R_1 и R_2 получили в F_1 500 мальков. При разведении потомков первого поколения в себе в F_2 получили 1 600 мальков. Определите фенотипы и генотипы по группам крови у гибридов первого и второго поколения. Подтвердите схемой скрещивания.

19. У радужной форели двухаллельная кодоминантная система определения групп крови: аллели b_1 и b_2. Произвели скрещивание самки с группой крови b_1 с самцом, имеющим группу крови b_2. Полученных потомков скрестили между собой. В результате разведения в себе во втором поколении получено 400 мальков. Определите фенотип и генотип родителей и потомков по группам крови. Сколько групп крови в данной системе может быть у этих рыб?

20. У сельди трехаллельная доминантная система групп крови (*IA* > *IB* > *i*). Скрестили самку с генотипом группы крови *IAi* с самцом, генотип которого *ii*. Какое расщепление по генотипу и фенотипу групп крови можно ожидать у потомства? Запишите все возможные генотипы этих групп крови. Рассчитайте структуру распределения особей потомства по фенотипу групп крови.

21. У ручьевой форели трехаллельная кодоминантная система групп крови: аллели *IA*, *IB* и нулевой аллель *i*. Произвели скрещивание самки, имеющей группу крови *AB*, с самцом, у которого группа крови 0. Запишите генотипы возможных групп крови у мальков. Рассчитайте структуру распределения мальков по фенотипу групп крови.

22. У сардины четырехаллельная кодоминантная система групп крови: аллели *A*, *B*, *C*, *D*. Скрестили самку с группой крови *C* и самца с группой крови *AD*. Запишите все возможные генотипы и фенотипы потомства. Рассчитайте структуру потомков по фенотипу.

23. В результате эволюции кариотип русского осетра изменился с 250 до 258 (фундаментальное число (*NF*) при этом остается неизменным). Как называются аберрации, в результате которых произошло увеличение числа хромосом? Опишите процесс увеличения хромосомного комплекса. Какое количество хромосом участвовало в мутагенезе? Приведите расчеты.

24. Используя схематическое обозначение, составьте хромосомную карту кариотипа, если известно, что $2n = 16$, $NF = 28$; в данном кариотипе 7 метацентрических и 3 субметацентрические хромосомы.

25. У одной из разновидностей морской рыбы двухаллельная доминантная система групп крови. Аллель *L* > *l*. При скрещивании самки с генотипом L_l с самцом, у которого группа крови *l*, получили потомство в количестве 600 шт. Установите генотипы и фенотипы по группам крови мальков. Запишите схемы скрещивания.

26. У анчоуса двухаллельная кодоминантная система определения групп крови: аллели f_1 и f_2. Произвели скрещивание самки с группой крови f_2 с самцом, имеющим группу крови f_1. Полученных потомков скрестили между собой. В результате разведения в себе во втором по-

колении получено 1 200 мальков. Определите фенотип и генотип родителей и потомков по группам крови. Сколько групп крови в данной системе может быть у этих рыб?

27. У сельди трехаллельная доминантная система групп крови (*IA* > *IB* > *i*). Скрестили самку с генотипом группы крови *IBi* с самцом, генотип которого *ii*. Какое расщепление по генотипу и фенотипу групп крови можно ожидать у потомства? Запишите все возможные генотипы этих групп крови в данной системе. Рассчитайте структуру распределения особей потомства по фенотипу групп крови.

28. У ручьевой форели трехаллельная кодоминантная система групп крови: аллели *IA, IB* и нулевой аллель *i*. При скрещивании самца и самки получили потомство, различающееся по группам крови: 50 % – *A*, 25 % – *AB*, 25 % – *B*. Определите фенотип и генотип самки и самца. Запишите генотипы потомства.

29. В результате эволюции кариотип амурского сазана изменился с 100 до 104 (фундаментальное число (*NF*) при этом остается неизменным). Как называются аберрации, в результате которых произошло увеличение числа хромосом? Опишите процесс увеличения хромосомного комплекса. Какое количество хромосом участвовало в мутагенезе? Приведите расчеты.

30. Используя схематическое обозначение, составьте хромосомную карту кариотипа, если известно, что $2n = 8$, $NF = 14$; в данном кариотипе 1 метацентрическая и 2 субметацентрические хромосомы.

31. Используя схематическое обозначение, составьте хромосомную карту кариотипа, если известно, что $2n = 12$, $NF = 22$; в данном кариотипе 2 метацентрические и 4 субметацентрические хромосомы.

32. Используя схематическое обозначение, составьте хромосомную карту кариотипа, если известно, что $2n = 14$, $NF = 24$; в данном кариотипе 5 метацентрических и 4 субметацентрические хромосомы.

33. Охарактеризуйте показатели гибридных самок в возрасте 4 года и более, полученных в результате скрещивания пестрого и белого толстолобиков (табл. 11).

Таблица 11. **Показатели плодовитости гибридных самок**

Номер самки	Масса		Число икринок в 1 г (*i*)	$К_З$	Плодовитость	
	самок, кг ($М_т$)	икры, г ($М_г$)			абсолютная (АП)	относительная (ОП)
3	5,2	700	1 100			
12	4,4	500	900			
6	4,6	550	850			
9	6,3	600	950			

34. Рассчитайте откорректированные значения конечной средней массы (табл. 12), конечного, относительного и абсолютного приростов, используя коэффициент регрессии (поправку), у трехлетков пестрого толстолобика в опытных группах.

Таблица 12. **Расчет откорректированных значений**

Средняя масса, г		Номер	Ранжировка массы, г		Прирост, г	Статистические характеристики		Поправка	Откорректированные значения			
$М_н$	$М_к$		x_i	y_i	П	$x \cdot y$	x^2	$R_{x/y}(x_i - x)$	$М_к$	П	$П_{ср}$	$П_{отн}$
830	1 785	1										
824	1 720	2										
817	1 710	3										
828	1 632	4										
826	1 812	5										
			∑	∑		∑	∑	∑ = 0				

35. В результате эволюции кариотип сомообразных изменился с 46 до 92 (фундаментальное число (*NF*) при этом остается неизменным). Как называются аберрации, в результате которых произошло увеличение числа хромосом? Опишите процесс увеличения хромосомного комплекса. Какое количество хромосом участвовало в мутагенезе? Приведите расчеты.

36. Используя схематическое обозначение, составьте хромосомную карту кариотипа, если известно, что $2n = 6$, $NF = 12$; в данном кариотипе 2 метацентрические и 1 субметацентрическая хромосомы.

37. У анчоуса двухаллельная кодоминантная система определения групп крови: аллели f_1 и f_2. Произвели скрещивание самки с группой крови f_2 с самцом, имеющим группу крови f_1. Полученных потомков скрестили между собой. В результате разведения в себе во втором поколении получено 4 000 мальков. Определите фенотип и генотип родителей и потомков по группам крови. Сколько групп крови в данной системе может быть у этих рыб?

38. Используя схематическое обозначение, составьте хромосомную карту кариотипа, если известно, что $2n = 16$, $NF = 28$; в данном кариотипе 4 метацентрические и 5 субметацентрических хромосом.

39. Для закрепления признаков устойчивости к краснухе у карпа провели близкородственное скрещивание. Использовали 12 пар производителей. Соотношение самцов и самок 1:1. Определите коэффици-

ент нарастания гомозиготности как за одно (F_x), так и за четыре поколения (F_t) родственного скрещивания.

40. При создании сарбоянского карпа использовали помеси, полученные от скрещивания разбросанных белорусских карпов и амурских сазанов. Самки первого поколения (F_1) были повторно скрещены с самцами белорусского карпа, самцы F_1 – с самками ропшинского карпа. Таким образом были заложены два отводка: северный тип и омский тип карпа. В результате скрещивания двух этих типов получили третий степной тип, который в дальнейшем разводили в себе до получения сарбоянского карпа. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю кровности по исходным породам, участвующим в скрещивании.

41. Для получения товарной рыбы провели простое промышленное скрещивание пород У и Б. Определите, имеет ли смысл в дальнейшем проводить скрещивание этих пород для получения товарной рыбы, если при проведении контрольного выращивания оказалось, что средняя живая масса рыбы породы У равна 440 г, породы Б – 465 г, у гибридов F_1 (УБ) средняя живая масса за данный откормочный период составила 575 г. Рассчитайте истинный и гипотетический гетерозис. Дайте обоснование полученным результатам.

42. При разведении карпа был допущен целенаправленный инбридинг. Цель инбридинга – закрепление признака устойчивости к жаберному заболеванию. Для близкородственного скрещивания использовали 10 пар производителей. Соотношение самцов и самок 1:1. Определите коэффициент нарастания гомозиготности как за одно (F_x), так и за три поколения (F_t) родственного скрещивания.

43. При создании нового типа карпа, устойчивого к краснухе и обладающего повышенной зимостойкостью, использовали трехпородное скрещивание, состоящее из нескольких этапов: 1-й этап – скрещивали местный материал (М) с зимостойкой породой (З); 2-й этап – гибридов F_1 скрещивали с породой, обладающей повышенной устойчивостью к краснухе (К); 3-й этап – полученных помесей трижды возвратно скрещивали с местной породой, адаптированной к условиям окружающей среды. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю кровности по исходным породам, участвующим в данном скрещивании.

44. Для получения товарной рыбы провели гибридное скрещивание карпа с амурским сазаном. Определите, имеет ли смысл в дальнейшем проводить скрещивание этих видов рыб, если были получены следующие результаты: средняя живая масса сеголетков карпа равна 60 г, амурского сазана – 55 г, гибридов F_1 – 100 г. Стандартные показатели

по районированному карпу и амурскому сазану составили 55 г. Рассчитайте истинный, гипотетический и конкурсный гетерозис. Дайте обоснование полученным результатам.

45. При разведении форели был допущен целенаправленный инбридинг. Цель инбридинга – повышение оплаты корма. Для скрещивания использовали 20 пар производителей. Соотношение самцов и самок 1:1. Определите коэффициент нарастания гомозиготности как за одно (F_x), так и за два поколения (F_t) родственного скрещивания.

46. При создании среднерусской породы карпа был применен принцип синтетической теории селекции. Отобрали четыре группы карпа различного происхождения: украинская (У), нивская (Н), курская (К) и загорская (З). Первые две породные группы отличались высоким темпом роста и красивым «карповым» экстерьером. Курский карп использовался в целях повышения жизнеспособности исходного материала, а загорский карп был взят за основу как аборигенный, хорошо адаптированный вид. На первом этапе проводили следующие скрещивания: К×Н, К×У, Н×У. На втором этапе полученных гибридов скрестили с загорским карпом. На третьем этапе гибридов КНЗ скрестили с КУЗ и НУЗ. Полученные отводки скрестили между собой. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю кровности по исходным породам, участвующим в данном скрещивании.

47. Для получения товарной рыбы провели простое промышленное скрещивание пород *A* и *B*. Определите, имеет ли смысл в дальнейшем проводить скрещивание этих пород, если средняя масса рыбы породы *A* составляет 2 000 г, породы *B* – 2 500, а масса F_1 равна 2 700 г. Рассчитайте истинный и гипотетический гетерозис.

48. При разведении форели был допущен целенаправленный инбридинг. Цель инбридинга – повышение оплаты корма. Для скрещивания использовали 20 пар производителей. Соотношение самцов и самок 1:1. Определите коэффициент нарастания гомозиготности как за одно (F_x), так и за два поколения (F_t) родственного скрещивания.

49. При создании нивчанского внутрипородного типа украинского карпа применяли вводное скрещивание самок украинской породы с самцами ропшинской породы (улучшатель) до получения потомства третьего поколения. Потомство F_3 скрестили между собой, а полученных потомков возвратно скрестили с украинскими карпами. Составьте схему скрещивания и рассчитайте долю кровности по исходным породам, участвующим в данном скрещивании.

50. Для получения товарной рыбы провели переменное возвратное скрещивание пород *A* и *B* двумя способами: при 1-м способе порода *A*

являлась улучшаемой, а порода *B* – улучшающей; при 2-м способе – наоборот. Определите более экономически выгодный метод при условии, что масса шестилетков породы *A* составляет 3 500 г, породы *B* – 3 600 г, у помесей *AB* – 4 000 г, *ABA* – 4 500 г, *ABB* – 5 000 г.

51. Рассчитайте промеры телосложения у производителей карпа (табл. 13). Вычислите среднее значение по каждому промеру и индексу телосложения ($\bar{X}$; lim; *R*). Сделайте заключение о степени развития телосложения у самцов на основании полученных расчетов.

Таблица 13. **Параметры телосложения**

№ п/п	Масса тела *P*		Промеры						Индексы					
	кг	г	Длина тела *l*		Длина головы *C*, см	Высота тела *H*, см	Ширина тела *B*, см	Обхват тела O, см	$К_у$, %	*Cl*, %	*Ol*	*Hl*, %	*Bl*, %	*lH*
			см	l^3										
1	3,6		48		10,8	14,8	6,4	40,8						
2	3,2		43		10,6	14,2	6,9	41,5						
3	5,0		54		11,8	19,8	10,8	48,3						
4	2,6		46		10,2	13,7	6,7	32,8						
5	2,8		40		10,6	14,2	6,3	33,6						

52. У речной камбалы гетерогаметный пол у самки. Используя методы генетической инверсии пола самки или самца, докажите это. Запишите все возможные схемы скрещивания.

53. У радужной форели отмечена мужская гетерогаметность. При скрещивании самки радужной форели с инвертированным самцом получено 1 500 мальков. Какое расщепление по полу генотипически и фенотипически будет наблюдаться у мальков?

54. У пецилии отмечены случаи мужской и женской гетерогаметности. При скрещивании самки и инвертированного самца у потомства обнаружено следующее расщепление по полу: 3 части – самки и 1 часть – самцы. Какой в данном случае пол у пецилии гетерогаметный? Запишите схему скрещивания, генотипы родителей. Какова структура распределения мальков по генотипу и фенотипическому проявлению?

55. У серебряного карася гетерогаметный пол у самца. Используя методы генетической инверсии пола самки или самца, докажите это. Запишите все возможные схемы скрещивания.

56. При скрещивании инвертированной самки и обыкновенного самца радужной форели получено 1 600 мальков. Фенотипически рас-

щепление по полу произошло следующим образом: 1 часть – самки и 3 части – самцы. Какой пол у радужной форели гетерогаметный? Запишите генотипы полученных мальков.

57. У тиляпии отмечены случаи мужской и женской гетерогаметности. При скрещивании самки и инвертированного самца у потомства не обнаружено расщепления по полу. Какой в данном случае пол у тиляпии гетерогаметный? Запишите схему скрещивания, генотипы родителей. Какие генотипы и фенотипы по полу возможны у мальков, полученных от такого скрещивания?

58. Рассчитайте число поколений селекции, необходимое для увеличения средней массы двухлетков карпа на 105 г при условии, что коэффициент изменчивости C_v равен 15 %, коэффициент наследуемости признака по массе тела равен 0,32, а селекционной программой предусмотрен отбор на племя не более 10 % от числа выращенных двухлетков (табл. 14). Средняя масса рыб до отбора составляла 300 г. Необходимо при расчетах учитывать тот факт, что наследуемость в каждом поколении снижается на 8 %.

Таблица 14. **Вычисление числа поколений селекции**

Показатель	Поколение				
	1	2	3	4	5
h_2					
σ					
i					
R_i					
R_Σ – суммарный селекционный эффект					
Масса рыбы, г					

59. Охарактеризуйте показатели гибридных самок (табл. 15), полученных в результате скрещивания пестрого и белого толстолобиков.

Таблица 15. **Показатели плодовитости гибридных самок**

Номер самки	Масса		Число икринок в 1 г (i)	$К_з$	Плодовитость	
	самок, кг ($М_т$)	икры, г ($М_г$)			абсолютная (АП)	относительная (ОП)
3	6,3	800	1 080			
12	6,4	700	1 050			
6	6,6	750	1 000			
9	7,1	750	1 150			

60. Рассчитайте индекс относительной длины головы и коэффициент упитанности у производителей карпа, если известно, что живая масса составляет 4,75 кг. Длина головы и тела – соответственно 13,2 и 58 см. Обоснуйте полученные результаты, если по стандарту породы отселекционированный по скорости роста карп имеет $К_у$ = 3,2 %.

61. Из 5 500 двухлетков карпа со средней длиной тела 30 см отобрали для воспроизводства 900 рыб. Коэффициент изменчивости C_v по изучаемому признаку составил 12 %. Рассчитайте эффект селекции за 1 год селекции, за одно и за пять поколений массового отбора.

62. Рассчитайте индекс относительной ширины тела и коэффициент упитанности у производителей карпа, если известно, что живая масса составляет 3,95 кг. Наибольшая ширина тела и длина тела – соответственно 6,3 и 51 см. Обоснуйте полученные результаты, если по стандарту породы отселекционированный по скорости роста карп имеет $К_у$ = 3,2 %.

63. Рассчитайте интенсивность отбора и эффект селекции за одно и пять поколений селекции и 1 год, если известно, что средняя масса двухлетков карпа составляет 450 г. Средняя масса карпов, отобранных на племя, равна 750 г. Среднее квадратическое отклонение составляет 65 г.

64. Рассчитайте индекс относительной высоты тела и коэффициент упитанности у производителей карпа, если известно, что живая масса составляет 2,9 кг. Наибольшая высота тела и длина тела – соответственно 13,8 и 45 см. Обоснуйте полученные результаты, если по стандарту породы отселекционированный по скорости роста карп имеет $К_у$ = 3,2 %.

65. Из 5 600 двухлетков карпа со средней длиной тела 32 см отобрали для воспроизводства 950 рыб. Коэффициент изменчивости C_v по изучаемому признаку составил 17 %. Рассчитайте эффект селекции за 1 год селекции, за одно и четыре поколения массового отбора.

66. Рассчитайте индекс относительного обхвата тела и коэффициент упитанности у производителей карпа, если известно, что живая масса составляет 5,2 кг. Обхват тела и длина тела – соответственно 48,3 и 55 см. Обоснуйте полученные результаты, если по стандарту породы отселекционированный по скорости роста карп имеет $К_у$ = 3,2 %.

67. Рассчитайте интенсивность отбора и эффект селекции за одно и шесть поколений селекции и 1 год, если известно, что средняя масса двухлетков карпа составляет 555 г. Средняя масса карпов, отобранных на племя, равна 800 г. Среднее квадратическое отклонение составляет 70 г.

68. Вычислите среднесуточный, абсолютный и относительный приросты по четырем отводкам изобелинского карпа по данным, представленным в таблице. Сделайте расчеты, заполните таблицу, сравните полученные результаты и дайте их обоснование.

Отводок	Количество, шт.		Масса, г		Прирост		
	при посадке	при облове	m_1	m_2	АП	СП	ОП
Столин XVIII	120	115	460	2 500			
Смесь чешуйчатая	90	80	530	2 065			
Три прим	100	99	780	3 005			
Смесь зеркальная	130	120	560	2 800			
Всего							

69. Вычислите средний по группе рыб абсолютный, относительный и среднесуточный приросты карпа, если известно, что на опытном участке рыбхоза откармливались четыре группы рыб разных отводков с 25 апреля по 25 июля. Определите сохранность рыб по группам и в среднем за эксперимент.

Номер отводка	Количество при посадке, шт.	Масса, кг		Количество при облове, шт.
		m_1	m_2	
1	125	2,5	5,5	119
2	155	2,3	6,5	130
3	160	2,1	5,6	155
4	145	2,3	6,4	132

70. Вычислите по группе ремонтно-маточного стада форели среднесуточный, абсолютный и относительный приросты, если известно, что рыбу выращивали в трех бассейнах с разной плотностью посадки с 2 марта по 1 апреля. Определите сохранность рыб по группам и в среднем за эксперимент.

Номер бассейна	Количество при посадке, шт.	Масса, г		Количество при облове, шт.	Прирост			Выживаемость, %
		m_1	m_2		АП	СП	ОП	
1	148	119	3 160	108				
2	156	130	2 965	112				
3	165	155	3 005	129				
Всего								

71. Вычислите по группе самок лосося абсолютный, среднесуточный и относительный приросты, если известно, что в целях экспери-

мента рыбу выращивали в пяти садках с разным уровнем прикормки с 20 апреля по 20 ноября.

Номер садка	Масса, кг		Прирост		
	m_1	m_2	АП	СП	ОП
1	3,3	7,7			
2	3,2	7,0			
3	3,1	9,2			
4	2,9	6,1			
5	2,8	6,5			

72. Вычислите среднюю выживаемость по всем группам рыб и все виды прироста канального сомика, если известно, что в целях эксперимента рыбу выращивали в пяти садках с разным гидрохимическим составом воды с 15 апреля по 15 октября.

73. Рассчитайте выживаемость трехлетков стерляди в опытном рыбхозе «Селец», если известно, что 01.06.2008 в садок № 31 было посажено 324 шт., а 21.08.2008 осталось 298 шт. Определите убойный выход, если известно, что масса рыбы перед потрошением составляет 3,2 кг, а масса тушки – 2,6 кг.

74. Рассчитайте выживаемость двухлетков форели в рыбхозе «Новолукомльский», если известно, что 02.03.2009 в пруд № 3 было посажено 8 678 шт., а 01.10. 2009 осталось 8 453 шт. Определите убойный выход, если известно, что масса рыбы перед потрошением составляет 3,2 кг, а масса тушки – 2,6 кг.

75. Рассчитайте выживаемость сеголетков форели в рыбхозе «Новолукомльский», если известно, что 02.03.2009 в пруд № 4 было посажено 37 764 шт., а 01.10.2009 осталось 18 500 шт. Определите убойный выход, если известно, что масса рыбы перед потрошением составляет 6,8 кг, а масса тушки – 5,6 кг.

76. Рассчитайте выживаемость трехлетков форели в рыбхозе «Новолукомльский», если известно, что 02.03.2009 в пруд № 2 было посажено 6 953 шт., а 01.10.2009 осталось 6 005 шт. Определите убойный выход, если известно, что масса рыбы перед потрошением составляет 3,8 кг, а масса тушки – 2,5 кг.

77. Рассчитайте выживаемость ремонтно-маточного поголовья форели в рыбхозе «Новолукомльский», если известно, что 02.03.2009 в пруд № 1 было посажено 203 производителя, а 01.10.2009 осталось 150 шт. Определите убойный выход, если известно, что масса рыбы перед потрошением составляет 4,6 кг, а масса тушки – 3,5 кг.

78. Из 5 600 двухлетков карпа со средней длиной тела 32 см отобрали для воспроизводства 950 рыб. Коэффициент изменчивости по изучаемому признаку составил 17 %. Рассчитайте эффект селекции за 1 год селекции, за одно и за четыре поколения массового отбора.

79. Рассчитайте интенсивность отбора и эффект селекции за одно и шесть поколений селекции и 1 год, если известно, что средняя масса трехлеток карпа составляет 755 г. Средняя масса карпов, отобранных на племя, равна 950 г. Среднее квадратическое отклонение составляет 70 г.

80. У аквариумной золотой рыбки гетерогаметный пол у самца. Используя методы генетической инверсии пола самки или самца, докажите это. Запишите все возможные схемы скрещивания. Дайте ответы на вопросы:

1. Сколько схем скрещивания возможно осуществить при гетерогаметности самца?

2. Возможно ли получить в потомстве 100 % самок?

3. Возможно ли получить в потомстве 100 % самцов?

4. При какой схеме скрещивания ожидается гибель потомства или получение стерильных рыб?

5. Какую схему скрещивания лучше использовать в рыбхозе для получения товарной икры?

81. У карпа гетерогаметный пол у самца. Используя методы генетической инверсии пола самки или самца, докажите это. Запишите все возможные схемы скрещивания. Дайте ответы на вопросы:

1. Сколько схем скрещивания возможно осуществить при гетерогаметности самца?

2. Возможно ли получить в потомстве 100 % самок?

3. Возможно ли получить в потомстве 100 % самцов?

4. При какой схеме скрещивания ожидается гибель потомства или получение стерильных рыб?

5. Какую схему скрещивания лучше использовать в рыбхозе для получения товарной икры?

82. У гамбузии гетерогаметный пол у самца. Используя методы генетической инверсии пола самки или самца, докажите это. Запишите все возможные схемы скрещивания. Дайте ответы на вопросы:

1. Сколько схем скрещивания возможно осуществить при гетерогаметности самца?

2. Возможно ли получить в потомстве 100 % самок?

3. Возможно ли получить в потомстве 100 % самцов?

4. При какой схеме скрещивания ожидается гибель потомства или получение стерильных рыб?

5. Какую схему скрещивания лучше использовать в рыбхозе для получения товарной икры?

83. У морской камбалы гетерогаметный пол у самки. Используя методы генетической инверсии пола самки или самца, докажите это. Запишите все возможные схемы скрещивания. Дайте ответы на вопросы:

1. Сколько схем скрещивания возможно осуществить при гетерогаметности самки?

2. Возможно ли получить в потомстве 100 % самок?

3. Возможно ли получить в потомстве 100 % самцов?

4. При какой схеме скрещивания ожидается гибель потомства или получение стерильных рыб?

5. Какую схему скрещивания лучше использовать в рыбхозе для получения товарной икры?

84. У радужной форели отмечена мужская гетерогаметность. При скрещивании нормальной самки радужной форели с инвертированным самцом получено 1 500 мальков. Запишите изначальную схему детерминации пола, составьте схему скрещивания родительских особей и схему получения потомства. Дайте ответы на вопросы:

1. Сколько типов гамет продуцирует инвертированный самец?

2. Сколько типов гамет продуцирует нормальная самка?

3. Какое количество потомков получено фертильных?

4. Какое количество потомков получено стерильных?

5. Сколько было получено самок при такой схеме скрещивания?

5. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

(два варианта закрытых тестов с пятью вариантами ответов)

Вариант 1

1. Селекция – это:

а) наука о создании новых пород;

б) наука об изучении генотипа;

в) наука об изучении питательности кормов;

г) наука о болезнях рыб;

д) нет правильных ответов.

2. Изменчивость может быть:

а) генотипической;

б) модификационной;
в) средней;
г) варианты а и б;
д) нет правильных ответов.

3. К основным типам хромосом, встречающимся в кариотипе рыб, относятся:

а) большие и малые;
б) метацентрические, субметацентрические, акроцентрические и телоцентрические;
в) спутниковые и модифицированные;
г) кольцевые;
д) нет правильных ответов.

4. Число, размер и форма хромосом – это:

а) фенотип;
б) генотип;
в) кариотип;
г) варианты а и б;
д) нет правильных ответов.

5. Оплодотворенная яйцеклетка – это:

а) сперматозоид;
б) зигота;
в) яйцеклетка;
г) гония;
д) нет правильных ответов.

6. Гонии – это:

а) зрелые половые клетки;
б) незрелые половые клетки;
в) гаметы;
г) клетки мышечной ткани;
д) клетки нервной ткани.

7. Число хромосом в зрелой половой клетке составляет:

а) 2*n*;
б) 3*n*;
в) *n*;
г) 4*n*;
д) 100.

8. Сколько сперматозоидов образуется из 400 сперматоцитов первого порядка сазана?

а) 400;

б) 800;
в) 1 200;
г) 1 400;
д) 1 600.

9. Процесс созревания половых клеток (гамет) – это:

а) гаметогенез;
б) онтогенез;
в) филогенез;
г) варианты б и в;
д) нет правильных ответов.

10. Процесс индивидуального развития организма – это:

а) гаметогенез;
б) онтогенез;
в) филогенез;
г) сперматогенез;
д) нет правильных ответов.

11. Развитие зародыша, происходящее под контролем только материнской наследственности, – это:

а) гиногенез;
б) андрогенез;
в) сперматогенез;
г) оогенез;
д) нет правильных ответов.

12. При выведении однополых женских потомков возможен:

а) гиногенез;
б) андрогенез;
в) сперматогенез;
г) оогенез;
д) нет правильных ответов.

13. Способ определения пола у живых существ:

а) прогамный;
б) сингамный;
в) эпигамный;
г) все ответы верны;
д) нет правильных ответов.

14. Сингамный способ определения пола – это:

а) развитие пола до оплодотворения яйцеклетки;
б) развитие пола в момент оплодотворения яйцеклетки;
в) развитие пола после оплодотворения яйцеклетки;

г) при выклеве из икринок личинки;

д) нет правильных ответов.

15. К какому типу могут относиться рыбы хромосомной детерминации пола?

а) гонохористам;

б) гермафродитам;

в) варианты а и б;

г) монополистам;

д) нет правильных ответов.

16. Стерильный организм – это:

а) организм с нормальной фертильностью;

б) организм, способный продуцировать как женские, так и мужские половые клетки;

в) организм, не способный продуцировать половые клетки;

г) варианты а и б;

д) нет правильных ответов.

17. При анатомической дифференцировке пола у рыб определяют:

а) вторичные половые признаки;

б) тип гамет (мужские или женские половые клетки) в начале гаметогенеза;

в) способ прикрепления гонад к перитониальному эпителию при помощи мезоварий;

г) первичные половые признаки;

д) нет правильных ответов.

18. Прикрепление гонады к перитонеальному эпителию двумя мезовариями, в результате чего образуется овариальная полость, характерно:

а) для самки;

б) самца;

в) гермафродита;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

19. Кто получится, если мальков женского пола кормить комбикормом с добавлением мужских гормонов (тестостеронов)?

а) самец-инверсант;

б) самка-инверсант;

в) гермафродит;

г) малек погибнет;

д) нет правильных ответов.

20. Какие половые хромосомы содержит самка-инверсант при дрозофильном типе детерминации пола у рыб?

а) *XX*;

б) *XXX*;

в) *XYY*;

г) *XY*;

д) *YYY*.

21. Реакция агглютинации – это:

а) разжижение крови;

б) обезвоживание организма;

в) склеивание эритроцитов крови;

г) варианты а и б;

д) нет правильных ответов.

22. Сколько групп крови относится к трехаллельной кодоминантной системе?

а) 4;

б) 3;

в) 2;

г) 10;

д) нет правильных ответов.

23. Генетическая система групп крови – это:

а) совокупность групп крови, которые обусловлены антигенами, контролируемыми аллелями одного локуса;

б) группы крови, объединенные эритроцитарными антигенами;

в) различные группы крови;

г) варианты а и б;

д) нет правильных ответов.

24. Антигены образуются:

а) на эритроцитах;

б) гемоглобине;

в) лейкоцитах;

г) плазме;

д) нет правильных ответов.

25. Способны ли антигены изменяться?

а) изменяются в течение жизни;

б) не изменяются в течение жизни;

в) изменяются в эмбриональный период;

г) изменяются в постэмбриональный период;

д) нет правильных ответов.

26. При какой комбинации антигенов и антител может произойти реакция агглютинации?

а) *A* + α;

б) *A* + β;

в) *B* + α;

г) *B* + β;

д) варианты а и г.

27. Какие различия обусловливают изменчивость по эритроцитарным антигенам?

а) между особями по иммунологическим признакам;

б) между особями по группам крови;

в) между особями по окрасу тела;

г) между особями по типу телосложения;

д) варианты а и б.

28. Какие генотипы получатся при скрещивании рыб с группами крови ii и BB?

а) *ii* и *AB*;

б) *Ai* и *Bi*;

в) *AA* и *BB*;

г) *AB*, *AA* и *BB*;

д) *Bi*.

29. Белки крови у рыб необходимо изучать, так как они генетически связаны:

а) с уровнем продуктивности;

б) плодовитостью;

в) жизнестойкостью;

г) болезнью рыб;

д) все ответы верны.

30. Полиморфные системы – это:

а) наследственно обусловленные фракции;

б) масса тела рыб;

в) длина тела рыб;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

31. Какие признаки у рыб являются качественными?

а) признаки, которые невозможно измерить, так как нет приборов и единиц измерения;

б) ценные признаки;

в) признаки, которые можно измерить с помощью измерительных приборов и для которых существуют единицы измерения;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

32. Признак окраски тела у рыб:

а) количественный;

б) качественный;

в) альтернативный;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

33. Число икринок в 1 г – это признак:

а) количественный;

б) качественный;

в) альтернативный;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

34. К какому признаку относится коэффициент упитанности рыб?

а) к количественному;

б) качественному;

в) альтернативному;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

35. В чем измеряется коэффициент изменчивости (C_v)?

а) кг;

б) %;

в) абсолютных величинах;

г) относительных величинах;

д) нет правильных ответов.

36. При каком значении коэффициента изменчивости (C_v) изменчивость считается низкой?

а) менее 8 %;

б) 8–15 %;

в) 15–35 %;

г) 35–100 %;

д) более 100 %.

37. В каких единицах измеряется показатель среднего квадратического отклонения (σ)?

а) в относительных;

б) абсолютных;

в) дробных;

г) %;

д) именнованных.

38. Какие типы чешуйчатого покрова выделяют у карпа?

а) чешуйчатый, линейный, рябой и голый;

б) чешуйчатый, линейный, разбросанный и голый;

в) чешуйчатый, нечешуйчатый, линейный, разбросанный и голый;

г) красивый, полезный, вредный, некрасивый;

д) нет правильных ответов.

39. Каким генотипом определяется у карпа голый тип покрова?

а) *SSnn, Ssnn*;

б) *ssnn*;

в) *SSNn, SsNn*;

г) *ssNn*;

д) *AABB*.

40. С каким типом покрова получаются мальки при скрещивании генотипов карпа SSnn и ssnn?

а) чешуйчатым;

б) голым;

в) линейным;

г) разбросанным;

д) варианты б и в.

41. Какие периоды относятся к основным этапам онтогенеза у рыб?

а) эмбриональный и постэмбриональный;

б) доэмбриональный и мальковый;

в) эмбриональный и личиночный;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

42. Как подразделяется эмбриональный период у рыб?

а) один период – внутриутробного развития;

б) два подпериода: икринки и свободного эмбриона;

в) три подпериода: икринки, предличинки и личинки;

г) четыре периода;

д) нет правильного ответа.

43. Как растут рыбы в постэмбриональный период?

а) равномерно в течение всей жизни;

б) интенсивно до периода полового созревания;

в) интенсивно после периода полового созревания;

г) в течение всей жизни, более интенсивно до периода полового созревания;

д) нет правильного ответа.

44. В большей степени успех селекционной работы зависит:

а) от наследственной и генотипической изменчивости;

б) ненаследственной и модификационной изменчивости;

в) случайных факторов;

г) вида рыб;

д) нет правильного ответа.

45. Отбор – это:

а) сортировка рыб;

б) влияние комплекса факторов;

в) влияние изменчивости;

г) влияние наследственности;

д) все ответы верны.

46. Какой отбор относится к искусственному?

а) методический;

б) стабилизирующий;

в) косвенный;

г) технологический;

д) все ответы верны.

47. Какие генотипы выбирают и оставляют для воспроизводства при отборе по доминантному гену?

а) *АА*;

б) *Аа*;

в) *аа*;

г) варианты а и в;

д) нет правильных ответов.

48. Одно поколение селекции у карпа – это:

а) 1 год;

б) 2 года;

в) 3 года;

г) 4 года;

д) 5 лет.

49. Как называется отбор, если организм выживает и приспосабливается к условиям окружающей среды благодаря своим индивидуальным способностям?

а) искусственный;

б) естественный;

в) технологический;

г) нет правильных ответов;

д) варианты а и в.

50. В каких направлениях работают селекционеры для повышения продуктивности рыб?

а) ускорение темпов роста;

б) повышение кормового коэффициента;

в) повышение устойчивости рыб к неблагоприятным факторам окружающей среды;

г) повышение устойчивости рыб к заболеваниям;

д) все ответы верны.

51. При работе с неодомашненными пресноводными видами рыб селекция ведется:

а) на сохранение сложной естественной популяционной структуры каждого вида;

б) сохранение высокой гетерозиготности каждой популяции рыб;

в) ускорение роста и повышение устойчивости икры;

г) повышение устойчивости личинок и молоди;

д) все ответы верны.

52. К каким свойствам относятся: огромная плодовитость, наружное оплодотворение, высокая племенная ценность производителей, сравнительно низкие затраты на выращивание производителей?

а) свойства, позволяющие эффективно вести селекцию на рыбах;

б) свойства, затрудняющие селекционную работу на рыбах;

в) свойства, не мешающие вести селекцию на рыбах;

г) свойства, позволяющие лечить рыбу;

д) нет правильных ответов.

53. Важнейшими направлениями селекции с форелью являются:

а) повышение эффективности использования корма;

б) повышение общей жизнеспособности;

в) повышение плодовитости;

г) улучшение адаптивной способности;

д) все ответы верны.

54. Важнейшими направлениями селекции с растительноядными рыбами являются:

а) приспособленность к факторам доместикации;

б) приспособленность к заводскому воспроизводству;

в) ускорение полового созревания;

г) изменение сроков нереста;

д) все ответы верны.

55. Продуктивность в рыбоводстве – это:

а) суммарный прирост массы рыб, получаемый за определенный период с единицы площади или объема (пруда, бассейна и т. д.);

б) темп взросления особи;

в) увеличение жировых отложений;

г) затраты корма на единицу прироста;

д) нет правильных ответов.

56. Какие факторы необходимо учитывать при селекции по скорости роста у рыб?

а) наиболее интенсивный рост наблюдается в период до достижения рыбами половой зрелости;

б) сильная зависимость скорости роста от факторов окружающей среды;

в) сильное влияние фактора взаимодействия (угнетение крупными рыбами роста мелких рыб);

г) сильная зависимость скорости роста от типа кормления;

д) все ответы верны.

57. Жизнеспособность рыб определяется:

а) по количеству погибших особей;

б) способности рыб «обманывать» рыбаков;

в) выживаемости рыб, т. е. относительному количеству особей, выживших за определенный период;

г) затратам корма;

д) нет правильных ответов.

58. Выход тушки (соотношение съедобных и несъедобных частей) рассчитывают по следующей формуле:

а) $К_з = \frac{М_г}{М_г} \cdot 100$;

б) $Выход = \frac{М_{ТУ}}{Ж_М} \cdot 100$;

в) $Выживаемость = \frac{n_к}{n_н} \cdot 100$;

г) $К_у = \frac{М_г}{l^3} \cdot 100$;

д) нет правильных ответов.

59. По какой формуле рассчитывают коэффициент зрелости производителей рыб?

а) $К_з = \frac{М_г}{М_г} \cdot 100$;

б) $Выход = \frac{М_{ТУ}}{Ж_М} \cdot 100$;

в) $Выживаемость = \frac{n_к}{n_н} \cdot 100$;

г) $К_у = \frac{М_г}{l^3} \cdot 100$;

д) нет правильных ответов.

60. От чего зависит пищевая ценность рыб?

а) от соотношения съедобных и несъедобных частей;

б) от вкусовых качеств мяса;

в) от количества межмышечных (интермускулярных) косточек;

г) от химического состава мяса;

д) все ответы верны.

61. Абсолютная плодовитость – это:

а) общее число икринок в яичнике;

б) число икринок, приходящееся на 1 кг массы рыбы;

в) количество икринок, полученное от одной самки в течение нерестового сезона;

г) масса гонад;

д) нет правильных ответов.

62. Рыбы, размножающиеся на камнях, гравийных грунтах, – это:

а) литофилы;

б) фитофилы;

в) псаммофилы;

г) пелагофилы;

д) нет правильных ответов.

63. Рыбы с коротким жизненным циклом – это:

а) ряпушка;

б) уклея;

в) белуга;

г) осетр;

д) варианты а и б.

64. Соотношение размеров различных частей тела – это:

а) конституция;

б) телосложение;

в) экстерьер;

г) интерьер;

д) нет правильных ответов.

65. Какие внутренние конституциональные признаки учитываются при селекции?

а) конституция;

б) телосложение;

в) экстерьер;

г) интерьер;

д) нет правильных ответов.

66. Какие показатели учитывает селекция на приспособленность к заводскому способу воспроизводства?

а) синхронность созревания производителей;

б) положительный ответ на стимуляцию гонадотропными гормонами;

в) повышение устойчивости к влиянию различных стрессовых факторов;

г) повышение жизнеспособности икры и молоди;

д) все ответы верны.

67. Скрещивание животных неродственных групп – это:

а) инбридинг;

б) аутбридинг;

в) кроссбридинг;

г) топкросс;

д) нет правильных ответов.

68. При инбридинге:

а) частота гомозигот снижается;

б) частота гомозиготных особей остается на прежнем уровне;

в) частота гомозигот возрастает;

г) увеличивается количество гетерозигот;

д) нет правильных ответов.

69. При каком коэффициенте инбридинга (F) родство считается отдаленным?

а) 25 % и выше;

б) 12,5–25 %;

в) 1,5–12,5 %;

г) ниже 1,5 %;

д) нет правильных ответов.

70. К чему может привести бессистемный инбридинг?

а) к инбредной депрессии;

б) к мировому кризису;

в) к гибели всего потомства;

г) к повышению продуктивности;

д) нет правильных ответов.

71. Целенаправленный инбридинг допустим:

а) при чистопородном разведении;

б) при закреплении ценных хозяйственно полезных признаков;

в) при создании новых пород;

г) все ответы верны;

д) варианты а и б.

72. Допустим ли целенаправленный инбридинг в Республике Беларусь?

а) допустим;

б) разрешен;

в) запрещен;

г) можно применять частично;

д) нет правильных ответов.

73. К чему может привести инбредная депрессия?

а) к снижению продуктивности;

б) к снижению адаптивной способности;

в) к снижению воспроизводительной способности;

г) к увеличению в потомстве аномалий, уродств и летальных исходов;

д) все ответы верны.

74. Как называют скрещивание рыб, принадлежащих к одной породной группе?

а) чистопородное разведение;

б) межпородное скрещивание;

в) межвидовое скрещивание;

г) гибридизация;

д) все ответы верны.

75. Коэффициент инбридинга за несколько поколений в рыбоводстве вычисляется по следующей формуле:

а) $F_x = \frac{1}{2N}$;

б) $F_x = 1 - (1 - F_x)^t$;

в) $F_x = \frac{1}{200N}$;

г) ИГ $= \frac{2F}{P_о + P_м}$;

д) нет правильных ответов.

76. Методы разведения – это:

а) научно обоснованная система подбора;

б) получение товарных животных;

в) получение племенных животных;

г) закрепление хозяйственно полезных признаков;

д) все ответы верны.

77. Каких рыб принято называть в рыбоводстве «чистыми»?

а) стерильных рыб;

б) отмытых рыб;

в) потомков рыб, полученных от разведения внутри одной породы;

г) потомков рыб при чистопородном разведении;

д) варианты в и г.

78. Цель вводного скрещивания – это:

а) создание новой породы;

б) улучшение породы;

в) сохранение породы;

г) чистопородное разведение;

д) нет правильных ответов.

79. Каким способом вычисляют степень инбридинга?

а) А. Шапоружа;

б) С. Райта;

в) В. Я. Катасонова и Н. Б. Черфаса;

г) Д. А. Кисловского;

д) все ответы верны.

80. В каких единицах измеряется степень инбридинга по Д. А. Кисловскому?

а) в процентах;

б) в степенях, выраженных римскими цифрами;

в) в килограммах;

г) в баллах;

д) все ответы верны.

81. Чему равен коэффициент инбридинга (F) за одно поколение при использовании пяти пар производителей?

а) 5 %;

б) 10 %;

в) 15 %;

г) 20 %;

д) 25 %.

82. Чем сопровождается скрещивание?

а) увеличением гетерозисности;

б) лучшим развитием потомков;

в) увеличением конституционной крепости;

г) увеличением плодовитости;

д) все ответы верны.

83. У рыбы следующий генотип: ¼ А + ¼ В + ¼ С. Определите процентную структуру генотипа:

а) 25 % *А* + 25 % *В* + 50 % *С*;

б) 25 % *А* + 50 % *В* + 25 % *С*;

в) 50 % *А* + 25 % *В* + 25 % *С*;

г) нет правильных ответов;

д) все ответы верны.

84. Проявление гибридной силы у потомства наблюдается:

а) при инбридинге;

б) гетерозисе;

в) аутбридинге;

г) кроссировании;

д) нет правильных ответов.

85. Частота гетерозигот при гетерозисе:

а) возрастает;

б) остается на прежнем уровне;

в) снижается;

г) увеличивается;

д) нет правильных ответов.

86. Комплекс мероприятий по обеспечению рыбоводных хозяйств маточным поголовьем – это:

а) племенное дело;

б) сельскохозяйственное дело;

в) промышленное дело;

г) экологическое дело;

д) нет правильных ответов.

87. Как определяют численность маточного стада?

а) количеством гнезд производителей;

б) поголовьем товарной рыбы;

в) поголовьем молоди;

г) количеством выметанной икры;

д) нет правильных ответов.

88. Отбор на племя проводят:

а) среди годовиков;

б) среди двухлетков;

в) среди рыб, достигших половой зрелости;

г) все ответы верны;

д) нет правильных ответов.

89. Какое количество среди годовиков и двухлетков отбирают на племя из общего числа рыб?

а) 50 %;

б) 100 %;

в) 5 %;

г) 25 %;

д) нет правильных ответов.

90. Что относится к основным факторам, влияющим на летний нагул племенных рыб?

а) плотность посадки;

б) кормление;

в) условия содержания;

г) нет правильных ответов;

д) все ответы верны.

91. Во время зимовки у племенных рыб:

а) повышается обмен веществ и рост;

б) снижается обмен веществ и рост;

в) обмен веществ и рост остаются без изменения;

г) усиливается потребность в кормах;

д) нет правильных ответов.

92. Оценка племенных животных – это:

а) проверка;

б) бонитировка;

в) разделка;

г) фотографирование;

д) нет правильных ответов.

93. Сколько классов выделяют при бонитировке у самок и самцов?

а) 10;

б) 3;

в) 30;

г) 20;

д) нет правильных ответов.

94. Кто дал количественную характеристику коэффициенту нарастания гомозиготности?

а) Н. Б. Черфас;

б) Д. А. Кисловский;

в) Н. И. Вавилов;

г) Ч. Дарвин;

д) В. Я. Катасонов.

95. По какой формуле рассчитывается абсолютный прирост?

а) СП = $\frac{М_к - М_н}{t} = \frac{АП}{t}$;

б) АП = $М_к - М_н$;

в) СП = $\frac{М_к - М_н}{М_о}$;

г) ОП = $\frac{М_к - М_н}{М_н} = \frac{АП}{М_н}$;

д) АП = $М_г \cdot i$.

96. Относительную плодовитость вычисляют по следующей формуле:

а) СП = $\frac{М_к - М_н}{t} = \frac{АП}{t}$;

б) ОП = $\frac{М_г - i}{М_т}$;

в) СП = $\frac{М_к - М_н}{М_о}$;

г) ОП = $\frac{М_к - М_н}{М_н} = \frac{АП}{М_н}$;

д) АП = $М_г \cdot i$.

97. Определите генотип потомства при скрещивании украинской самки с помесным самцом, у которого ½ генотипа польского карпа и ½ генотипа югославского:

а) ½ У ½ Ю ½ П;

б) ½ У $^1/_4$ Ю $^1/_4$ П;

в) $^2/_4$ У $^1/_4$ Ю $^1/_4$ П;

г) $^1/_4$ У $^1/_4$ Ю $^1/_4$ П;

д) варианты б и в.

98. Какую часть наследственности получает потомок от материнского организма?

а) 1;

б) 100 %;

в) ½;

г) 50 %;

д) варианты в и г.

99. Как называется однократное скрещивание местной породы или беспородной группы с породой-улучшателем?

а) поглотительным;

б) воспроизводительным;

в) вводным;

г) промышленным;

д) ротационным.

100. Истинный гетерозис вычисляют по следующей формуле:

а) $\Gamma = \frac{F_1 - P_{луч}}{P_{луч}} \cdot 100$;

б) $\Gamma = \frac{F_1 - P_{ср}}{P_{ср}} \cdot 100$;

в) $\Gamma = \frac{F_1 - S_t}{S_t} \cdot 100$;

г) $ИГ = \frac{2F}{P_о + P_м} \cdot 100$;

д) нет правильных ответов.

101. Разница между средними показателями селекционного признака отобранных для воспроизводства животных и исходной популяции – это:

а) эффект селекции;

б) интенсивность отбора;

в) селекционный дифференциал;

г) среднее квадратическое отклонение;

д) напряженность отбора.

102. Селекционный дифференциал вычисляют по следующей формуле:

а) $Sd = \overline{X_0} - \overline{X_s}$;

б) $ЭS = S_d \cdot h^2$;

в) $\sigma = \frac{C_v \cdot \overline{X}}{100}$;

г) $V = \frac{n \cdot 100}{N}$;

д) $R = i \cdot \sigma \cdot h^2$.

103. Что свойственно культурным карпам, отселекционированным по типу роста?

а) высокоспинность;

б) округлая форма;

в) более высокие показатели коэффициента упитанности;

г) низкие показатели индекса l / H;

д) все ответы верны.

104. Какими признаками обладают голые карпы?

а) большей потребительской ценностью;

б) пониженной продуктивностью;

в) очень высокой интенсивностью жирового обмена;

г) минимальным числом ветвистых лучей в спинном плавнике;

д) все ответы верны.

105. Гипоксия – это:

а) устойчивость к заболеваниям;

б) кислородное голодание;

в) нехватка корма;

г) пониженное содержание гемоглобина;

д) все ответы верны.

106. Что относится к методам селекции?

а) отбор;

б) подбор;

в) система скрещивания;

г) прогноз результатов;

д) все ответы верны.

107. К межвидовым гибридам относятся:

а) серебряный карась и золотой карась;

б) стерлядь и белуга;

в) карп и сазан;

г) карась и карп;

д) варианты б и г.

108. Достаточно многочисленная группа сельскохозяйственных животных одного вида, общего происхождения, сложившаяся под влиянием направленной деятельности человека в конкретных условиях и характеризующаяся определенными физиологическими и морфологическими свойствами, которые стойко передаются по наследству, – это:

а) отводок;

б) линия;

в) порода;

г) семейство;

д) нет правильных ответов.

109. Сколько групп крови относятся к трехаллельной доминантной системе?

а) 4;

б) 3;

в) 2;

г) 10;

д) нет правильных ответов.

110. Пять пар производителей – это:

а) пять рыб разного пола;

б) десять рыб разного пола;

в) пятнадцать рыб разного пола;
г) двадцать рыб разного пола;
д) двадцать пять рыб разного пола.

Вариант 2

1. Генетика – это наука:
а) о наследственности;
б) потомках;
в) изменчивости;
г) варианты а и в;
д) нет правильных ответов.
2. Какая изменчивость обусловлена факторами окружающей среды?
а) модификационная;
б) генотипическая;
в) высокая, низкая, средняя;
г) мутационная;
д) нет правильных ответов.
3. Как называют хромосомы, состоящие из двух хроматид, связанных между собой одной центромерой?
а) зрелыми;
б) незрелыми;
в) спелыми;
г) неспелыми;
д) сложными.
4. Зрелая мужская гамета – это:
а) сперматозоид;
б) зигота;
в) яйцеклетка;
г) гония;
д) нет правильных ответов.
5. Первые половые клетки закладываются:
а) на первой стадии эмбриогенеза;
б) на второй стадии эмбриогенеза;
в) после проклевывания личинки;
г) в мальковой стадии;
д) в ювенальный период.
6. Сколько обычно хромосом в клетках мышечной ткани карпа?
а) 50;

б) 100;
в) 150;
г) 25;
д) варианты а и г.

7. Сколько образуется зрелых икринок, готовых к оплодотворению, из 200 оогоний американского окуня?

а) 200;
б) 400;
в) 600;
г) 800;
д) 1 000.

8. Андрогенез – это:

а) женский партеногенез;
б) мужской партеногенез;
в) гаметогенез;
г) сперматогенез;
д) нет правильных ответов.

9. Что можно изучить с помощью гиногенеза и андрогенеза?

а) вредное действие рецессивных генов;
б) вредное действие доминантных генов;
в) рост рыб;
г) создание новых пород рыб;
д) нет правильных ответов.

10. Выведение однополых мужских потомков – это:

а) гиногенез;
б) андрогенез;
в) сперматогенез;
г) оогенез;
д) нет правильных ответов.

11. Программный способ определения пола – это:

а) развитие пола до оплодотворения яйцеклеток;
б) развитие пола в момент оплодотворения яйцеклеток;
в) развитие пола после оплодотворения яйцеклеток;
г) при выклеве из икринок личинки;
д) нет правильных ответов.

12. Гонохористы – это:

а) строго раздельнополые животные;
б) организм, способный продуцировать как женские, так и мужские половые клетки;

в) организм, не способный продуцировать половые клетки;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

13. Дифференцировка пола у рыб подразделяется:

а) на анатомическую и цитологическую;

б) гистологическую и морфологическую;

в) генеалогическую и онтогенетическую;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

14. Прикрепление гонады к перитонеальному эпителию с помощью одного мезовария, в результате чего образуется грушевидное образование, характерно:

а) для самки;

б) самца;

в) гермафродита;

г) варианты а и в;

д) нет правильных ответов.

15. Инверсия пола – это:

а) определение половой принадлежности;

б) смена пола, при которой фактические половые признаки не соответствуют генетической программе;

в) проявление вторичных половых признаков;

г) дифференцировка пола;

д) нет правильных ответов.

16. Кто получится, если мальков мужского пола кормить комбикормом с добавлением женских гормонов (эстрогенов)?

а) самец-инверсант;

б) самка-инверсант;

в) гермафродит;

г) малек погибнет;

д) нет правильных ответов.

17. Какие половые хромосомы содержит самец-инверсант при дрозофильном типе детерминации пола у рыб?

а) *XX*;

б) *XXX*;

в) *XYY*;

г) *XY*;

д) *YYY*.

18. Иммуногенетика – это наука, изучающая:

а) группы крови;

б) взаимоотношение антиген – антитело;
в) иммунитет;
г) все ответы верны;
д) нет правильных ответов.

19. Как называется совокупность групп крови, которые обусловлены антигенами, контролируемыми аллелями одного локуса?

а) система групп крови;
б) группа крови;
в) тип крови;
г) варианты а и б;
д) нет правильных ответов.

20. Сколько групп крови относится к двухаллельной кодоминантной системе?

а) 4;
б) 3;
в) 2;
г) 10;
д) нет правильных ответов.

21. С помощью каких методов можно изучать генетический полиморфизм?

а) иммунологических;
б) генетических;
в) биохимических;
г) морфологических;
д) варианты а и в.

22. Иммуногенетический анализ систем групп крови используют:

а) при иммунологической несовместимости;
б) изменении иммунитета;
в) отсутствии иммунитета;
г) контроле за происхождением;
д) все ответы верны.

23. В какой период образуются антигены?

а) эмбриональный;
б) постэмбриональный;
в) мальковый;
г) ювенальный;
д) личиночный.

24. Антигены:

а) не могут служить пожизненным показателем генетической структуры организма по контрастному локусу;

б) могут служить пожизненным показателем генетической структуры организма по контрастному локусу;

в) могут использоваться для лечения рыб;

г) не могут использоваться для лечения рыб;

д) нет правильных ответов.

25. Антигены – это:

а) низкомолекулярные вещества полисахаридной природы;

б) низкомолекулярные вещества белковой природы;

в) высокомолекулярные вещества полисахаридной природы;

г) высокомолекулярные вещества белковой природы;

д) варианты в и г.

26. Какие генотипы получат при скрещивании рыб с группами крови ii и AA?

а) *ii* и *AB*;

б) *Ai* и *Bi*;

в) *AA* и *BB*;

г) *AB*, *AA* и *BB*;

д) *Ai*.

27. Структура белка кодируется:

а) одним геном;

б) несколькими генами;

в) генотипом;

г) фенотипом;

д) варианты а и б.

28. Количественные признаки у рыб – это те, которые:

а) невозможно измерить, так как нет приборов и единиц измерения;

б) ценные признаки;

в) можно измерить с помощью измерительных приборов и для которых существуют единицы измерения;

г) варианты а и б;

д) нет правильных ответов.

29. Масса тела у рыб – это:

а) количественный признак;

б) качественный признак;

в) альтернативный признак;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

30. Каким признаком у рыб является чешуйчатый покров?

а) количественным;

б) качественным;

в) альтернативным;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

31. Каким признаком является длина туловища у рыб?

а) количественным;

б) качественным;

в) альтернативным;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

32. Каким признаком является индекс телосложения у рыб?

а) количественным;

б) качественным;

в) альтернативным;

г) варианты б и в;

д) нет правильных ответов.

33. С помощью чего измеряют изменчивость количественных признаков?

а) измерительных приборов;

б) статистических показателей (C_v, σ);

в) таблицы умножения;

г) термометра;

д) нет правильных ответов.

34. При каком значении коэффициента изменчивости (C_v) изменчивость считается высокой?

а) менее 8 %;

б) 8–15 %;

в) 15–35 %;

г) 35–100 %;

д) более 100 %.

35. Для чего используется среднее квадратическое отклонение (σ)?

а) для вычисления коэффициента вариации;

б) для вычисления ошибок репрезентативности;

в) для расчета эффекта селекции;

г) для расчета селекционного дифференциала;

д) все ответы верны.

36. Каким генотипом у карпа определяется чешуйчатый покров?

а) *SSnn*, *Ssnn*;

б) *ssnn*;

в) *SSNn*, *SsNn*;

г) *ssNn*;

д) *AABB*.

37. Какой тип покрова будут иметь мальки при скрещивании генотипов карпа Ssnn и ssnn?

а) чешуйчатый;

б) голый;

в) линейный;

г) разбросанный;

д) варианты б и в.

38. В какой период онтогенеза процессы ассимиляции превосходят процессы диссимиляции (А > Д)?

а) только в эмбриональный период;

б) в постэмбриональный период;

в) до момента полового созревания;

г) до малькового периода;

д) нет правильных ответов.

39. Эмбриональный период у рыб – это:

а) развитие малька в утробе матери;

б) развитие эмбриона от момента оплодотворения до начала перехода на внешнее питание;

в) развитие личинки в икринке;

г) период от оплодотворения до выклева;

д) нет правильных ответов.

40. Селекция – это наука:

а) о скрещивании различных живых организмов и повышении их продуктивных качеств;

б) создании новых и совершенствовании различных сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов;

в) подборе родительских пар для дальнейшего воспроизводства;

г) разведении рыб;

д) нет правильного ответа.

41. Гены, обладающие плейотропным действием:

а) оказывают влияние на проявление одного признака;

б) оказывают влияние на проявление нескольких признаков;

в) не оказывают влияния на проявление признака;
г) нейтральны;
д) нет правильного ответа.

42. Основные типы отбора:

а) искусственный;
б) естественный;
в) модификационный;
г) генетический;
д) варианты а и б.

43. Основные формы отбора:

а) на доминантный ген;
б) против доминантного гена;
в) на регрессивный ген;
г) против регрессивного гена;
д) все ответы верны.

44. К естественному отбору относятся основные типы:

а) стабилизирующий;
б) движущий;
в) дизруптивный;
г) варианты а, б и в;
д) нет правильных ответов.

45. Что влияет на искусственный отбор?

а) селекция;
б) естественный отбор;
в) факторы окружающей среды;
г) тип действия генов;
д) все ответы верны.

46. Какие генотипы выбирают и оставляют для воспроизводства при отборе по рецессивному гену?

а) *АА*;
б) *Аа*;
в) *аа*;
г) варианты а и в;
д) нет правильных ответов.

47. Пять поколений селекции у карпа – это:

а) 1 год;
б) 10 лет;
в) 15 лет;
г) 20 лет;
д) 25 лет.

48. При работе с одомашненными видами рыб, разводимых в измененных условиях обитания, селекция ведется:

а) на приспособленность к новой среде обитания;

б) приспособленность к новым видам кормов;

в) приспособленность к новым способам размножения;

г) приспособленность к технологии;

д) все ответы верны.

49. Позднее половое созревание, зависимость большинства признаков от факторов окружающей среды, обитание рыб в воде, отсутствие индивидуального учета и сложности, связанные с сохранением в «чистоте» отселекционированного материала, – это:

а) свойства, позволяющие эффективно вести селекцию на рыбах;

б) свойства, затрудняющие селекционную работу на рыбах;

в) свойства, не мешающие вести селекцию на рыбах;

г) свойства, позволяющие лечить рыбу;

д) нет правильных ответов.

50. Важнейшие направления селекции с карпом – это:

а) повышение эффективности использования корма;

б) повышение общей жизнеспособности;

в) повышение устойчивости к опасным заболеваниям;

г) создание пород, приспособленных к различным зонально-климатическим условиям и технологиям выращивания;

д) все ответы верны.

51. Важнейшие направления селекции с осетровыми – это:

а) приспособленность к факторам доместикации;

б) ускорение полового созревания;

в) повышение темпа роста;

г) улучшение адаптивной способности;

д) все ответы верны.

52. От чего зависит рост рыбы?

а) от внутренних (эндогенных) факторов;

б) от внешних (экзогенных) факторов;

в) от совокупности внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) факторов;

г) не зависит от каких-либо факторов;

д) нет правильных ответов.

53. Жизнеспособность рыб – это:

а) устойчивость рыб к неблагоприятным факторам среды;

б) условия жизни рыб в конкретном водоеме;

в) способность рыб «обманывать» рыбаков;

г) борьба за существование;

д) нет правильных ответов.

54. Выживаемость рыб рассчитывают по следующей формуле:

а) $К_з = \frac{М_г}{М_т} \cdot 100$;

б) Выход = $\frac{М_{ТУ}}{Ж_М} \cdot 100$;

в) Выживаемость = $\frac{n_к}{n_н} \cdot 100$;

г) $К_у = \frac{М_г}{l^3} \cdot 100$;

д) нет правильных ответов.

55. Коэффициент упитанности рыб рассчитывается по следующей формуле:

а) $К_з = \frac{М_г}{М_т} \cdot 100$;

б) Выход = $\frac{М_{ТУ}}{Ж_М} \cdot 100$;

в) Выживаемость = $\frac{n_к}{n_н} \cdot 100$;

г) $К_у = \frac{М_г}{l^3} \cdot 100$;

д) нет правильных ответов.

56. К репродуктивным признакам в рыбоводстве относят:

а) плодовитость;

б) скорость полового созревания;

в) сроки нереста;

г) сезон нереста;

д) все ответы верны.

57. Рабочая плодовитость – это:

а) общее число икринок в яичнике;

б) число икринок, приходящееся на 1 кг массы рыбы;

в) количество икринок, полученное от одной самки в течение нерестового сезона;

г) масса гонад;

д) нет правильных ответов.

58. Рыбы, размножающиеся среди растений, откладывающие икру на вегетирующие или отмершие растения, – это:

а) литофилы;

б) фитофилы;

в) псаммофилы;

г) пелагофилы;

д) нет правильных ответов.

59. Рыбы с продолжительным жизненным циклом – это:

а) ряпушка;

б) уклея;

в) белуга;

г) осетр;

д) варианты в и г.

60. Совокупность морфологических и физиологических признаков организма – это:

а) конституция;

б) телосложение;

в) экстерьер;

г) интерьер;

д) нет правильных ответов.

61. Внешние конституциональные признаки, учитываемые при селекции, – это:

а) конституция;

б) телосложение;

в) экстерьер;

г) интерьер;

д) нет правильных ответов.

62. Отводки в рыбоводстве – это:

а) различные породы рыб;

б) различные виды рыб;

в) генетически обособленные племенные группы рыб внутри породы;

г) различные возрастные группы рыб;

д) нет правильных ответов.

63. Скрещивание животных, находящихся в родстве, – это:

а) инбридинг;

б) аутбридинг;

в) кроссбридинг;

г) топкросс;

д) нет правильных ответов.

64. Тесным считается инбридинг, при котором коэффициент инбридинга (F) составляет:

а) 25 % и выше;

б) 12,5–25 %;

в) 1,15–12,5 %;

г) ниже 1,5 %;

д) нет правильных ответов.

65. Разрешен ли бессистемный инбридинг в Республике Беларусь?

а) допустим;

б) разрешен;

в) запрещен;

г) можно применять частично;

д) нет правильных ответов.

66. Меры борьбы с инбредной депрессией – это:

а) недопущение бессистемного инбридинга;

б) недопущение инбридинга в товарных хозяйствах;

в) применение неродственного скрещивания (аутбридинга);

г) разведение отводков «в чистоте»;

д) все ответы верны.

67. Основной целью чистопородного разведения является:

а) сохранение породы;

б) совершенствование продуктивных качеств породы;

в) совершенствование племенных качеств породы;

г) закрепление ценных признаков;

д) все ответы верны.

68. Коэффициент инбридинга за одно поколение в рыбоводстве вычисляется по следующей формуле:

а) $F_x = \frac{1}{2N}$;

б) $F_x = 1 - (1 - F_x)^t$;

в) $F_x = \frac{1}{200N}$;

г) ИГ = $\frac{2F}{P_о + P_м}$;

д) нет правильных ответов.

69. Индекс гетерозиса вычисляется по следующей формуле:

а) $F_x = \frac{1}{2N}$;

б) $F_x = 1 - (1 - F_x)^t$;

в) $F_x = \frac{1}{200N}$;

г) ИГ = $\frac{2F}{P_о + P_м}$;

д) нет правильных ответов.

70. Биологическая сущность методов разведения – это:

а) получение чистопородных животных;

б) получение животных с одинаковой наследственностью;

в) повышение изменчивости у помесных рыб;

г) увеличение уровня обмена веществ у рыб;

д) все ответы верны.

71. Скрещивание, в котором используются животные двух или нескольких пород для получения новой породы с наиболее ценными качествами, – это:

а) поглотительное скрещивание;

б) вводное скрещивание;

в) воспроизводительное скрещивание;

г) смешанное скрещивание;

д) все ответы верны.

72. К межвидовому скрещиванию относятся:

а) племенное скрещивание;

б) воспроизводительное скрещивание;

в) отдаленная гибридизация;

г) промышленное скрещивание;

д) варианты а и в.

73. В каких единицах вычисляется степень родства по А. Шапоружу?

а) в процентах;

б) в степенях, выраженных римскими цифрами;

в) в килограммах;

г) в баллах;

д) все ответы верны.

74. Инбредный минимум – это:

а) инбредная депрессия;

б) близкая гибридизация;

в) состояние инбредных линий, при котором показатель уже не ухудшается;

г) скрещивание «чистых» линий между собой;

д) нет правильных ответов.

75. Межпородный гибрид – это:

а) помесное животное;

б) чистопородное животное;

в) рыбы, полученные в результате межпородного разведения;

г) варианты а и в;

д) нет правильных ответов.

76. К чему приводит скрещивание?

а) к объединению наследственности генетически разных особей;

б) к обогащению наследственности;

в) к улучшению существующих пород;
г) к выведению новых пород;
д) все ответы верны.

77. При скрещивании самки карпа породы А и самца породы Б гибриды F_1 будут иметь следующий генотип:

а) 75 % А + 25 % Б ($^3/_4$ А + $^1/_4$ Б);
б) 25 % А + 75 % Б ($^1/_4$ А + $^3/_4$ Б);
в) 50 % А + 50 % Б ($^1/_2$ А + $^1/_2$ Б);
г) 100 %;
д) нет правильных ответов.

78. К основным проявлениям гетерозиса у рыб относятся:

а) повышение жизнеспособности и резистентности;
б) повышение конверсии корма и скорости роста;
в) повышение плодовитости и адаптивной способности;
г) повышение резистентности;
д) все ответы верны.

79. Какого гетерозиса не бывает?

а) истинного;
б) гипотетического;
в) превосходного;
г) конкурсного;
д) нет правильных ответов.

80. Специализированные хозяйства по размножению племенного материала – это:

а) родильные дома;
б) инкубаторы;
в) репродукторы;
г) фермы;
д) нет правильных ответов.

81. Репродукторы реализуют рыбхозам:

а) взрослых производителей;
б) личинку;
в) малька;
г) ремонтный молодняк;
д) все ответы верны.

82. Численность рыб в ремонтных группах определяют:

а) количеством товарной рыбы;
б) объемом ежегодного пополнения маточных стад;
в) поголовьем молоди;

г) количеством ремонтного молодняка;

д) нет правильных ответов.

83. Какое количество из общего числа рыб среди половозрелых производителей отбирают на племя?

а) 50 %;

б) 100 %;

в) 5 %;

г) 25 %;

д) 35 %.

84. Технологический цикл по выращиванию племенного материала включает:

а) летний нагул племенных рыб;

б) зимовку племенных рыб;

в) преднерестовый период племенных рыб;

г) инкубацию икры;

д) все ответы верны.

85. Преднерестовый период – это период, который наступает:

а) после зимовки до нереста;

б) после осени до лета;

в) не наступает вообще;

г) после лета до зимы;

д) нет правильных ответов.

86. Бонитировку проводят:

а) ежемесячно при облове прудов;

б) ежедневно при облове прудов;

в) ежегодно весной при облове зимовальных прудов;

г) еженедельно;

д) нет правильных ответов.

87. К основным задачам бонитировки относятся:

а) выявление лучших производителей;

б) распределение производителей по готовности их к нересту;

в) сортировка производителей по полу;

г) распределение производителей по возрасту;

д) все ответы верны.

88. Способы мечения рыб:

а) подрезание плавников;

б) мечение красителями;

в) криоклеймение;

г) биркование;

д) все ответы верны.

89. Кто разработал учение об отборе?

а) Н. Б. Черфас;

б) Д. А. Кисловский;

в) Н. И. Вавилов;

г) Ч. Дарвин;

д) В. Я. Катасонов.

90. Отводки изобелинского карпа – это:

а) столин XVIII;

б) смесь чешуйчатая;

в) три прим;

г) смесь зеркальная;

д) все ответы верны.

91. К качественным признакам относятся:

а) чешуйчатый покров;

б) масса рыбы;

в) длина рыбы;

г) коэффициент упитанности;

д) варианты б, в и г;

92. Относительный прирост вычисляют по следующей формуле:

а) СП = $\frac{М_к - М_н}{t} = \frac{АП}{t}$;

б) ОП = $\frac{М_т - i}{М_т}$;

в) СП = $\frac{М_к - М_н}{М_о}$;

г) ОП = $\frac{М_к - М_н}{М_н} = \frac{АП}{М_н}$;

д) АП = $М_г \cdot i$.

93. Среднесуточный прирост вычисляют по следующей формуле:

а) СП = $\frac{М_к - М_н}{t} = \frac{АП}{t}$;

б) АП = $М_к - М_н$;

в) СП = $\frac{М_к - М_н}{М_о}$;

г) ОП = $\frac{М_к - М_н}{М_н} = \frac{АП}{М_н}$;

д) АП = $М_г \cdot i$.

94. Абсолютная плодовитость вычисляется по следующей формуле:

а) СП = $\frac{М_к - М_н}{t} = \frac{АП}{t}$;

б) АП = $М_к – М_н$;

в) СП = $\frac{М_к - М_н}{М_о}$;

г) ОП = $\frac{М_к – М_н}{М_н} = \frac{АП}{М_н}$;

д) АП = $М_г \cdot i$.

95. Доместикация – это фактор:

а) кормления;

б) племенного дела;

в) одомашнивания;

г) разведения;

д) нет правильных ответов.

96. Для селекции на жизнестойкость рыбы выполняют следующее:

а) проводят отбор самок слабых рыб;

б) создают провокационное поле;

в) специально заражают рыбу;

г) усиленно кормят рыбу;

д) варианты б и в.

97. Сбалансированное взаимодействие генов в геноме – это:

а) фенотип;

б) генотип;

в) гетерозиготность;

г) геном;

д) нет правильных ответов.

98. Гетерозис конкурентный вычисляют по следующей формуле:

а) Г = $\frac{F_1 - P_{луч}}{P_{луч}} \cdot 100$;

б) Г = $\frac{F_1 - P_{ср}}{P_{ср}} \cdot 100$;

в) Г = $\frac{F_1 - S_t}{S_t} \cdot 100$;

г) ИГ = $\frac{2F}{P_о + P_м} \cdot 100$;

д) нет правильных ответов.

99. Напряженность отбора вычисляют по следующей формуле:

а) $Sd = \bar{X}_0 - \bar{X}_s$;

б) $ЭS = S_d \cdot h^2$;

в) $\sigma = \frac{C_v \cdot \bar{X}}{100}$;

г) $V = \frac{n \cdot 100}{N}$;

д) $R = i \cdot \sigma \cdot h^2$.

100. К факторам, определяющим величину селекционного дифференциала относятся:

а) наследуемость признака;

б) интенсивность отбора;

в) фенотипический уровень признака;

г) степень фенотипической изменчивости признака;

д) варианты б и г.

101. Какие индексы (%) характеризуют особенности телосложения рыб?

а) $К_у$;

б) С / *l*;

в) В / *l*;

г) В / *l*;

д) все ответы верны.

102. Что может вызвать чрезмерная высокоспинность?

а) анатомический дефект;

б) искривление позвоночника;

в) снижение жизнеспособности;

г) снижение темпа роста;

д) все ответы верны.

103. Какими признаками обладают голые карпы?

а) медленной иммунологической реактивностью;

б) минимальной устойчивостью к нагреву воды;

в) очень низкой способностью к регенерации плавников;

г) более высоким индексом высокоспинности;

д) все ответы верны.

104. К чему приводит повышенное содержание гемоглобина в крови рыб?

а) к большей устойчивости к кислородному голоданию (гипоксии);

б) к тповышенной жизнеспособности;

в) к улучшенной скорости роста;

г) к повышенному содержанию сухого вещества в мышцах;

д) все ответы верны.

105. Д. П. Поликсенов стоял у истоков формирования:

а) украинского карпа;

б) белорусского карпа;

в) югославского карпа;

г) немецкого карпа;

д) польского карпа.

106. Какие методы относятся к специальным генетическим методам селекции?

а) индуцированный мутагенез;

б) индуцированный диплоидный гиногенез;

в) регуляция пола;

г) получение стерильных рыб;

д) все ответы верны.

107. Порода рыб расчленена на субпопуляции, которые представляют собой:

а) внутрипородные типы;

б) экологические типы;

в) внутрипородные племенные группы;

г) линии и семейства;

д) все ответы верны.

108. Комплекс организационных и биотехнических мероприятий, направленных на обеспечение рыбоводных хозяйств необходимым количеством производителей и рациональное использование маточных стад, – это:

а) разведение;

б) селекция;

в) племенное дело;

г) генетика;

д) нет правильных ответов.

109. Что происходит при поглотительном скрещивании?

а) полное поглощение наследственности одной породы другой;

б) неполное поглощение наследственности одной породы другой;

в) поглощение не происходит вообще;

г) поглощение наследственности одной породы другой на 20 %;

д) нет правильных ответов.

110. Как называется отбор, при котором организмы благодаря своим индивидуальным способностям смогли приспособиться к условиям окружающей среды?

а) искусственный;

б) естественный;

в) технологический;

г) нет правильных ответов;

д) варианты а и в.

6. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Критерии оценки при тестировании студентов, обучающихся по специальности общего высшего образования 6-05-0831-01 Водные биоресурсы и аквакультура (заочная форма), представлены в таблице.

Критерии оценки

Отметка	Количество правильных ответов	
	шт.	%
10	60	100
9	58–59	96–99
8	56–57	93–95
7	54–55	89–92
6	50–53	83-88
5	42–49	69–82
4	36–41	59–68
3	27–35	45–58
2	12–26	19–43
1	11 и менее	18 и менее

Положительной считается отметка 4 балла и выше (36 ответов и более).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакай, А. В. Генетика / А. В. Бакай, И. И. Кочиш, Г. Г. Скрипниченко. – М. : Колос, 2006. – 461 с.

2. Давыдович, Е. В. Селекция рыб. Курс лекций : учеб.-метод. пособие / Е. В. Давыдович. – Горки : БГСХА, 2021. – 208 с.

3. Жимулев, И. Ф. Общая и молекулярная генетика / И. Ф. Жимулев. – Новосибирск: Изд-во Сиб. ун-та, 2003. – 478 с.

4. Кирпичников, В. С. Генетические основы селекции / В. С. Кирпичников. – Л. : Наука, 1979. – 392 с.

5. Катасонов, В. Я. Селекция рыб с основами генетики / В. Я. Катасонов, Б. И. Гомельский. – М. : Агропромиздат, 1991. – 420 с.

6. Катасонов, В. Я. Селекция и племенное дело в рыбоводстве / В. Я. Катасонов, Н. Б. Черфас. – М. : Агропромиздат, 1986. – 184 с.

7. Картель, Н. А. Биоинженерия / Н. А. Картель. – Минск, 1989. – 143 с.

8. Привезенцев, Ю. А. Интенсивное прудовое рыбоводство / Ю. А. Привезенцев. – М. : Агропромиздат, 1991. – 386 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1. ПРОГРАММА КУРСА 5
1.1. Введение в курс «Селекция рыб» 5
1.2. Методы изучения качественных и количественных признаков изменчивости у рыб 7
1.3. Селекционные признаки продуктивности в товарном рыбоводстве 11
1.4. Воспроизводительная способность рыб 15
1.5. Признаки, коррелирующие с признаками продуктивности у рыб 17
1.6. Биологические особенности рыб как объектов селекции 19
1.7. Методы разведения рыб 21
1.8. Эффективность отбора в рыбоводстве 28
1.9. Специальные (генетические) методы селекции рыб. Генетика пола 31
1.10. Эволюция кариотипов. Иммуногенетика 40
1.11. Селекционные достижения в рыбоводстве 48
1.12. Организация селекционно-племенной работы в рыбоводстве 48
2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ 50
2.1. Биологические особенности рыб как объектов селекции. Факторы, оказывающие влияние на эффективность селекционной работы в рыбоводстве 50
2.2. Бонитировка производителей и ремонтного поголовья карпа. Мечение племенных рыб 53
2.3. Основные селекционные признаки в рыбоводстве (скорость роста, жизнеспособность, эффективность использования корма и пищевая ценность рыб) 55
2.4. Воспроизводительная способность рыб. Плодовитость. Сроки и скорость полового созревания 59
3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ 63
4. ЗАДАЧИ 75
5. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ 89
6. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ 128
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 129

Учебное издание

Трояновская Елена Вячеславовна
Алейникова Юлия Николаевна

СЕЛЕКЦИЯ РЫБ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. Н. Пьянусова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 03.06.2026. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 7,67. Уч.-изд. л. 6,12.
Тираж 80 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.