

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.М. Яковенко, Т.И. Антоненко, М.И. Селионова

**Биометрические методы анализа
качественных и количественных признаков
в зоотехнии**

Рекомендовано Учебно-методическим объединением высших
учебных заведений Российской Федерации по образованию в
области зоотехнии и ветеринарии в качестве учебного пособия для
студентов вузов, магистров, аспирантов

Ставрополь, 2013

УДК
ББК

Рецензенты:

Н.З.Злыднев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Л.Г. Моисейкина – доктор биологических наук, профессор

Яковенко А.М., Антоненко Т.И., Селионова М.И. Биометрические методы анализа качественных и количественных признаков в зоотехнии; учебное пособие/ А.М. Яковенко, Т.И. Антоненко, М.И. Селионова. – Ставрополь: Агрус, 2013. – 91 с.

В учебном пособии излагаются основные положения методики и техники постановки зоотехнических экспериментов, доказательности их результатов через использование биометрических методов анализа качественных и количественных признаков. Уделяется внимание планированию и постановки зоотехнических опытов, выбору темы для исследования и извлечение объективных выводов.

Оглавление

Введение	4
1. Основные положения методики научных исследований в зоотехнии	6
2. Общие методические критерии постановки зоотехнических опытов	8
3. Выбор темы и построение методики научного исследования	17
4. Биометрические методы анализа количественных и качественных признаков	20
4.1. Понятие о количественных и качественных признаках	20
4.2. Понятие о генеральной совокупности и выборке	21
4.3. Основные статистические параметры и коэффициенты используемые в зоотехнии	22
4.4. Основные генетико-статистические величины и их применение	22
Контрольные вопросы	39
Задания	40
5. Корреляция – показатель связи между признаками	45
Контрольные вопросы	52
Задания	52
6. Наследуемость и повторяемость признаков	56
Контрольные вопросы	65
Задания	65
7. Вычисление критерия соответствия (χ^2 , хи-квадрат)	69
Контрольные вопросы	71
Задания	71
8. Эффект селекции	72
Контрольные вопросы	73
Задания	73
9. Определение структуры свободноразмножающейся популяции	75
Контрольные вопросы	77
Задания	77
Приложение	81
Краткий терминологический словарь	86
Буквенные обозначения	88
Литература	89

Введение

Вариационная статистика представляет собой один из разделов высшей математики. Применение вариационно-статистического метода при анализе массовых данных в области биологии получило название *биометрия*. Биометрия является составной частью количественной биологии.

Основная задача биометрии – науки о применении статистических (математических) методов изучения живых организмов заключается в получении комплекса параметров и коэффициентов, характеризующих членов изучаемой группы по одному или нескольким признакам. В биометрии такой массовый материал называется генеральной совокупностью, которая и составляет цель изучения.

Биометрия позволяет систематизировать и обрабатывать числовые данные, получаемые при изучении биологических объектов в условиях экспериментов, а также при обобщении производственных первичных записей, проводимых в животноводстве или других отраслях сельского хозяйства. Особенно большие перспективы для использования биометрического метода даёт племенная документация, обобщение которой позволяет решать ряд вопросов племенного дела, селекции и генетического анализа.

Современная генетика и селекция сельскохозяйственных животных широко используют вариационно-статистический метод при генетическом анализе различных популяций (пород, стад, линий, семейств) в отношении количественных признаков. Пользуясь этим методом, устанавливают степень наследуемости признаков, определяют эффект селекции и интенсивность отбора.

Если генетический анализ наследования качественных признаков основывается на скрещивании и выявлении наследования потомством признаков родителей, то генетический анализ наследования количественных признаков опирается на биометрический метод. Большое значение приобретает этот метод, когда требуется сопоставить эмпирическое (основное на опыте), расщепление признаков у потомства с теоретически ожидаемым и установить достоверность получаемых различий в теоретическом и эмпирическом соотношении фенотипов и генотипов потомства.

Математический анализ массовых данных, исходящий из биометрического метода, находит широкое применение при решении ряда теоретических и практических вопросов генетики, селекции и племенного дела.

Завещание академика И.П. Павлова молодым учёным.

Оправдайте упования нашей Родины!

Чтобы я хотел пожелать молодёжи моей Родины, посвятившей себя науке? Прежде всего – последовательности. Об этом важнейшем условии плодотворной научной работы я никогда не могу говорить без волнения. Последовательность, последовательность и последовательность. С самого начала своей работы приучите себя к строгой последовательности в накоплении знаний.

Изучите азы науки, прежде чем пытаться взойти на её вершины. Никогда не беритесь за последующее, не усвоив предыдущего. Никогда не пытайтесь прикрыть недостаток знаний хотя бы и самыми смелыми догадками и гипотезами. Как бы ни тешил ваш взор своими переливами этот мыльный пузырь, – он неизбежно лопнет, и ничего, кроме конфуза, у вас не останется.

Приучайте себя к сдержанности и терпению. Научитесь делать чёрную работу в науке. Изучайте, сопоставляйте, накапливайте факты. Как ни совершенно крыло птицы, оно никогда не могло бы поднять её ввысь, не опираясь на воздух. Факты – это воздух учёного, без них вы никогда не сможете взлететь. Без них ваши «теории» – пустые потуги. Но, изучая, экспериментируя, наблюдая, старайтесь не оставаться у поверхности фактов. Не превращайтесь в архивариусов фактов. Пытайтесь проникнуть в тайну их возникновения. Настойчиво ищите законы, ими управляющие.

Второе – это скромность. Никогда не думайте, что вы уже всё знаете. И, как бы высоко ни оценивали вас, всегда имейте мужество сказать себе: «Я – невежда». Не давайте гордыни овладеть вами. Из-за неё вы будете упорствовать там, где нужно согласиться. Из-за неё вы откажетесь от полезного совета и дружеской помощи. Из-за неё вы утратите меру объективности.

В этом коллективе, которым мне приходится руководить, всё делает атмосфера. Мы все впряжены в одно общее дело, и каждый двигает его по мере своих сил и возможностей. У нас зачастую и не разберёшь, что – «моё» и что – «твоеё». Но от этого наше общее дело только выигрывает.

Третье – это страсть. Помните, что наука требует от человека всей его жизни. И если у вас было бы две жизни, то и их бы не хватило вам. Большого напряжения и великой страсти требует наука от человека. Будьте страстны в вашей работе и в ваших исканиях.

Наша Родина открывает большие просторы перед учёными, и – нужно отдать должное – науку щедро вводят в жизнь в нашей стране. До последней степени щедро. Что же говорить о положении молодого учёного в нашей стране! Здесь ведь всё ясно и так. Ему многое даётся, но с него многое и спросится. И для молодости, как и для нас, вопрос чести – оправдать те большие упования, которые возлагает на науку наша Родина.

1. Основные положения методики научных исследований в зоотехнии

Среди факторов, ведущих к успеху при проведении опытов, едва ли не самую большую роль играет овладение современными методами научно – исследовательской работы и умелое их применение. Нередко даже талантливые исследователи, затратив много труда и времени на постановку опытов, не приходят к достоверным выводам, а желаемое выдают за действительное.

Знание метода проведения опыта имеет общеобразовательное значение, и оно необходимо не только учёному, но и специалисту производства. Только знание методики опытного дела даст ему возможность, правильно оценить какие выводы достоверны и их можно использовать в производстве, а какие нуждаются в дополнительной экспериментальной проверке.

Современная методика опытного дела неразрывно связана с использованием методов математической статистики. Процесс научного исследования в зоотехнии включает в себе два взаимодополняющих направления: 1-й – наблюдения и обобщения биологических и производственных явлений в животноводстве; 2-й – экспериментального исследования.

В результате наблюдений, в животноводстве накоплено большое число зоотехнических фактов, многие из которых и в настоящее время составляют основу нашей науки. По мере развития науки метод непосредственного наблюдения становится всё более мощным орудием научного исследования. Результаты наблюдений лишь тогда могут быть полезными для науки, если они будут соответствующим образом описаны. Процесс описания, с одной стороны, должен объективно отражать существенное в наблюдаемых явлениях, а с другой – быть сознательно связан с определённой теорией.

Наблюдение как таковое выдвинуло два технических приёма исследований: классификацию и измерение. Явления определённой группы только тогда можно исследовать, если их упорядочить, то есть определённым образом классифицировать. Классифицированные явления можно было более точно измерить, а полученную массу цифр биометрически обработать.

Основной метод наблюдения в зоотехнической науке – участие учёного в процессах производства. Производственный опыт обеспечивает получение достоверных знаний, если он ставится по хорошо разработанной методике и является источником научных идей и гипотез.

Эксперимент в отличие от наблюдения ускоряет процесс научного исследования, так как он позволяет повторить исследование в тех же условиях или в новых. В зоотехнии издавна используется три вида экспериментов: научный, научно-хозяйственный и производственный.

Научный эксперимент ставится обычно в лаборатории. Примером научных экспериментов могут быть физиологические опыты по изучению переваримости кормов, обмена азота и т.д.

Основным методом зоотехнической науки является научно-хозяйственный опыт (эксперимент). Научно-хозяйственный опыт позволяет оценить конечную технологическую и экономическую эффективность того или иного производственного процесса. Поэтому только в хозяйственном (производственном) опыте есть возможность выявить все технологические и экономические параметры и при положительных результатах рекомендовать их для широкого использования в аналогичных условиях хозяйств.

При постановке научно-хозяйственного опыта необходимо учитывать:

- влияние наследственности на конечные различия изучаемых показателей между опытными группами;

- число животных в группе. Чем более выровненным по наследственным качествам материалом пользуется экспериментатор, тем больше у него будет оснований сократить число животных в группе, и, наоборот, пользование генетически разнообразным материалом предполагает увеличение числа животных в опытных группах; идеальный материал – однояйцевые двойни;

- различия по живой массе. Индивидуальные различия животных в пределах группы не более 10-15 %. Различия между опытными группами по средней живой массе, не более – 5 %. Необходимое число повторностей в каждом случае устанавливается в зависимости от конкретных задач и условий проведения опытов. Как правило, минимальное число повторностей научно – хозяйственных опытов – две;

- сроки проведения опытов и их продолжительность устанавливается с учётом производственных процессов, физиологии и биологии подопытных групп животных;

- место содержания, правильный уход и условия кормления должны соответствовать породным особенностям животных и обеспечивать развитие высоких показателей продуктивности;

- выравнивание условий для подопытных животных: микроклимат, численность животных в группе, плотность размещения, доступность одновременно всех животных к кормушкам, водопою и т.д;

- порядок и характер учётных измерений, документация. Учёт живой массы, взятие промеров, учёт продукции (мясо, молоко, шерсть, яйца и др.);

- математический анализ опытных данных (биометрическая обработка полученных результатов исследования) с использованием вычисленных параметров биометрии.

2. Общие методические критерии постановки зоотехнических опытов

В организации эксперимента центральное место принадлежит методике исследования – комплексу специфических операций с подопытными животными. Методика разрабатывается для каждого опыта в отдельности, в зависимости от поставленных на исследование вопросов, условий его проведения и характера ожидаемых ответов.

Разработанные методы планируемых опытов проходят научную апробацию на заседаниях учёных советов или на специальных методических комиссиях с последующим их утверждением. ***В научных подразделениях, учреждениях не разрешается приступать к проведению эксперимента без утверждённой методики исследования.***

В результате теоретических исследований и практического опыта ведения экспериментальных работ в зоотехнической науке выработаны главные методические приёмы, использование которых обеспечивает получение достоверных данных по изучаемым вопросам. Одним из наиболее главных, являются такие методические приёмы как число животных в группе, повторность и сроки проведения опыта.

Число животных в группе. Животных в группе должно быть ровно столько, чтобы индивидуальные качества отдельных особей не имели определяющего влияния на результаты опыта, и чтобы можно было вести обработку полученных данных приёмами вариационной статистики. При небольшом числе животных в группе, статистическая достоверность полученных в опыте цифр может резко снижаться. Слишком большое количество животных в группе также не всегда желательно, ибо в этом случае затрудняется познание индивидуальных особенностей животных в группе, дополнительные трудности в создании идентичных условий при размещении животных в помещениях, в технике кормления и т.д., что снижает техническую точность опыта. Кроме того, резко осложняется учёт показателей, особенно если ставится задача углубления основного научно – хозяйственного опыта физиологическими, морфологическими и биохимическими исследованиями. В результате затрудняется возможность более глубокого проникновения в сущность изучаемых явлений.

Число животных в опытной группе обуславливается многими условиями и в зависимости от них устанавливается для каждого опыта в отдельности. К этим условиям, прежде всего, относится качество животных, на которых планируется проведение опыта (вид, порода, возраст, конституция и т.д.), уровень их подготовки к опыту (относительная развитость, выравненность предшествующих условий и т.д.), характер эксперимента (опыт разведывательного или решающего значения), уровень ожидаемого различия между группами и наконец, задачи которые ставятся на решение.

Число животных для опыта определяется, прежде всего, степенью их породной консолидации. Чем менее консолидирована порода, тем более

животные этой породы склонны в онтогенезе к изменчивости, тем большее число их нужно подбирать в опытные группы, чтобы получить статическую достоверность различий по изучаемым признакам. Другими словами. Чем более выровненным по наследственным качествам материалом пользуется экспериментатор, тем больше у него будет оснований сократить количество животных в группе, и, наоборот, пользование генетически разнообразным материалом предполагает увеличение числа животных в опытных группах.

Подбор животных одного вида скрещивания, одной кровности – улучшает методическую выдержанность опыта. Особое значение в опытном деле имеет возраст животного. Установлено, что чем моложе животное, тем большей потенцией к изменчивости оно обладает, тем сильнее внутренне перестраивается (физиологически и морфологически) под влиянием факторов внешней среды. Фактически наблюдаемые коэффициенты изменчивости по одним и тем же признакам (особенно по среднесуточным приростам живой массы) в молочный (начальный) период роста животного гораздо выше, чем в зрелом возрасте.

Высокая культура ведения животноводства и хорошая подготовка животных к опыту позволяет ограничиться относительно меньшим числом животных в опытной группе. Однако, увеличение числа голов в группе при менее подготовленном состоянии животных к опыту является хотя и необходимой, но недостаточной компенсацией. Меньшим числом животных в группах можно ограничиться только в том случае, если научно-хозяйственный опыт сопровождается значительными по объёму физиологическими, биохимическими, морфологическими и иммунологическими исследованиями, позволяющими глубже анализировать их результаты.

На численность животных в группах также оказывает влияние характер опыта, решаемые в нем задачи. При проведении разведывательных опытов от которых не требуется доказательности, можно ограничиться меньшим числом животных. Эксперимент же решающего значения должен проводиться на достаточном поголовье. Некоторые исследователи считают, что в предварительных опытах минимальное число животных в группе должно быть 5-6, в основных опытах – от 16 до 25. Они также сообщают, что увеличение группы до 30 животных не приводит к существенному возрастанию статической надёжности опыта.

Хотя не выработано статических формул, которые позволяли бы с учётом выше поименованных требований и условий вести расчёт необходимого числа животных в группе, тем не менее, попытки такие в истории развития зоотехнической науки предпринимались многократно. Учитывая уровень изменчивости тех признаков, на которых изучается действие вводимого в опыт фактора, ожидаемую разницу в показателях опытной и контрольной группы по этим признакам, а также вид животных еще Митчелл и Гриндлей предложили эмпирическую формулу, позволяющую ориентировочно определить число животных, необходимых в

каждой подопытной группе (опытной и контрольной). Эта формула имеет следующий вид:

$$n = \left(\frac{1,849 \cdot C_v \cdot \sqrt{2 + \frac{1}{2} \cdot \tilde{N}^2}}{100\tilde{N}} \right)^2,$$

где n – необходимое количество животных в группе; C_v – стандартный коэффициент изменчивости, изучаемого признака; C – разница в показателях между группами по изучаемому признаку в %.

Принимая во внимание, что коэффициент изменчивости по среднесуточным приростам живой массы на откорме обычно составляет для овец 21, а для крупного рогатого скота и свиней 17, Митчелл и Гриндлей построили таблицу необходимого числа голов в опытной группе для того, чтобы различия между группами были статически достоверными (табл. 1).

Таблица 1 – Количество животных в группе

В опытах с крупным рогатым скотом и свиньями		В опытах с овцами	
при ожидаемой разнице в приросте живой массы между группами, %	необходимое количество животных в группе, гол.	при ожидаемой разнице в приросте живой массы между группами, %	необходимое количество животных в группе, гол.
50,0	1	50,0	2
40,0	2	40,0	2
30,0	3	30,0	4
20,0	5	20,0	8
17,5	7	17,5	10
15,0	9	15,0	14
12,5	13	12,5	20
10,0	20	10,0	31
7,5	36	7,5	54
5,0	80	5,0	121
2,5	317	2,0	482

Таким образом, при разнице в приросте живой массы 15 % необходимо, чтобы в группе крупного рогатого скота или свиней, было 9 голов, а в группе овец – 14 голов. Но фактически различия по приростам живой массы в опытах при откорме обычно колеблются в пределах 10-12 %. Следовательно, в опытных группах по откорму молодняка крупного рогатого скота и свиней должно быть 13-20 голов, а овец 20-30 (И.С. Попов, 1925).

Профессор П.Я. Аранди (1968) для определения необходимого количества подопытных животных в группах рекомендует использовать следующую формулу:

$$n = 2K^2 \frac{C_v^2}{D_A^2},$$

где n – искомое количество животных в группе; C_v – коэффициент изменчивости; D_A – величина различия между средними показателями подопытных групп; K – коэффициент.

Отсюда следует, что n (количество животных в группе) определяется уровнем изменчивости (C_v) и величиной различия между средними показателями подопытных групп (D_A). При желании иметь показатель достоверности 95 % ($P=0,05$) рекомендуется брать коэффициент « K » равным 3,29 и тогда формула будет иметь следующий рабочий вид:

$$n = 2 \cdot 3,29^2 \frac{C_v^2}{D_A^2}$$

Например, если в опытах с молочным скотом подобранные (по зоотехнической методике) группы имеют коэффициент изменчивости (C_v) по удою молока равный 8 %, а ожидаемая разница между опытной и контрольной группами по удою равной 9 %, то подставляя названные величины в формулу, получим величину группы, которая состоит примерно из 17 коров:

$$n = 2 \cdot 3,29^2 \frac{8^2}{9^2} \approx 17$$

Оперирование, при определении количества необходимых животных в подопытных группах только с величинами предполагаемой изменчивости и желательной разницы между средними, без учёта всей суммы зоотехнических приёмов и условий ведения эксперимента, не может дать реального представления о действительно необходимом количестве животных. Тем не менее, при правильности исходных параметров, такое вычисление позволяет ориентировочно определить величину группы.

Следует отметить, что при всех благоприятных условиях, количество животных в группе не может быть меньше 6-8 гол. В подавляющем большинстве случаев минимальным количеством животных в группе должно быть 12 гол. Индивидуальные различия животных по живой массе в пределах группы, должны быть не более 10-15 %, а различия между подопытными группами не более 5 %.

Повторность опыта. Истинность вывода, сделанного из опыта, в наиболее весомой форме может быть подтверждена тем, что данный результат может быть получен во второй, третий раз и т.д. Для наиболее ответственных выводов, повторность опыта диктуется необходимостью.

«... при физиологическом исследовании, – указывал И.П. Павлов (1952), – нельзя удовлетворяться малым количеством опытов. Как резко иногда меняется результат опыта от одного опыта к другому, пока исследователь не овладеет предметом, т.е. всеми условиями данного явления. Большие разочарования ждут неопытного экспериментатора, если он будет что-либо категорически утверждать на основании одного или двух опытов. С другой стороны, даже старые экспериментаторы нередко приходят в отчаяние при неполучении, казалось бы, неизбежного результата, – а это происходит от вмешательства самых незначительных условий. Сумма

условий, определяющих физиологический результат, часто бывает неопределённой и столь большой, что только длинные ряды опытов представляют достаточную гарантию постоянной связи между исследуемыми явлениями».

Необходимо иметь в виду, что проникновение в сущность изучаемых явлений зависит от оснащённости исследователя современными средствами ведения комплексного эксперимента. Часто научно-хозяйственный опыт сопровождаются теми или иными (физиологическими, биохимическими и т.д.) исследованиями. Но к сожалению, в значительной части случаев эти исследования определяются просто знанием экспериментатором тех или иных частных методик или наличием приборов и химреактивов и не находятся в непосредственной связи с тем выводом, который ожидается или делается из научно-хозяйственного опыта. Такие сопровождающие, **высосанные из пальца исследования** не помогают вскрывать причины обнаруживаемых в опыте явлений и не оправдывают затрачиваемых на них времени и материальных средств. Если и возникает необходимость проводить сопутствующие научные исследования, то они должны находиться в логической связи с основным опытом в плане вскрытия конкретных причин наблюдаемого в научно-хозяйственном опыте явления. Однако, каждая новая повторность опыта должна оснащаться таким образом, чтобы шло углубление и разностороннее исследование причин в несколько иных прочих равных условиях. Повторность по годам для некоторого типа зоотехнических опытов столь же необходима, как и повторность в зональном разрезе. Для получения достоверных выводов по некоторым разведенческим опытам требуются многие годы. Необходимое число повторностей в каждом случае устанавливается в зависимости от конкретных задач и условий проведения опытов. Как правило, минимальное количество повторностей научно-хозяйственных опытов – две.

Сроки проведения опытов. Продолжительность опытов с различными видами и производственными группами животных должно соотносываться с естественной длительностью производственных операций с этими видами и группами животных. Установлено, что в первые недели опыта животные реагируют на изучаемый фактор менее однородно, особенно в раннем возрасте. На наблюдаемые различия реакции организма сказывается действие неоднородности предшествующих условий жизни, а также и возрастные особенности растущих животных.

Установлено, что при любых самых благоприятных условиях длительность научно-хозяйственного опыта не может продолжаться менее 1-2 месяцев, а опыты по разведению животных – годы и поколения.

Сроки окончания опытов необходимо приурочивать к проведению хозяйственных периодов учёта продукции или качества животных (стрижка овец, бонитировка, откорм, отёл и т.д.). Это даёт возможность получить сравнительные данные по хозяйству и облегчить организацию проведения учётных работ.

Условия содержания, кормления и ухода за животными.

Проведение научных исследований предполагает, прежде всего, наличие хороших животноводческих помещений. Но не всякое помещение пригодно для постановки опытов с животными. Для этого, прежде всего, требуются здания, построенные по типовым для зоны проектам. Во всех частях помещений, где размещаются подопытные животные, необходимо достигнуть максимальной выравненности зоогигиенических условий (температура воздуха, относительная влажность, подвижность воздуха, освещенность, газообразная среда и т.д.). Особенно необходимо удостовериться в том, что все опытные группы находятся в одинаково благоприятных условиях.

Одно из важнейших условий успешного проведения исследовательской работы – правильный уход за подопытными животными и бережное обращение с ними обслуживающего персонала. Недопустимы крики и побои животных.

Надёжность результатов опытной работы во многом зависит от всей суммы факторов кормления, содержания и обслуживания животных. Условия кормления и содержания должны соответствовать породным особенностям животных и обеспечивать развитие высоких показателей продуктивности. Подопытные животные по возможности должны быть ограждены от влияния случайных факторов внешней среды. Для проведения опыта заготавливают доброкачественные корма и хранят отдельно; их питательные достоинства периодически контролируют химическими анализами и органолептической оценкой. Особенно нуждаются в периодических анализах корнеклубнеплоды, поскольку их состав с течением времени значительно изменяется.

Подводя итоги рассмотрению вопроса о приёмах размещения и кормления подопытных животных, необходимо отметить, что с учётом изложенного, экспериментатор сам должен выбирать те или иные приёмы и способы, в зависимости от предмета исследования и главной цели эксперимента. Какой либо шаблон был бы здесь неуместен.

Большое влияние на результаты эксперимента может оказать численность животных в станке, площадь логова, длина кормушки на одну голову. Поэтому необходимо создавать выравненные условия для подопытных животных.

Порядок и характер учётных измерений, документация.

Исполнение и результаты эксперимента должны быть, как можно полнее зафиксированы различными измерениями, выраженными в цифровых данных. Для этого необходимо, прежде всего, точно зафиксировать изменения одного из основных показателей научно-хозяйственного опыта – живая масса.

Все взвешивания проводят за час до кормления животных, желательно утром, но всегда в одно и то же время. Перед взвешиванием для опорожнения кишечника и мочевого пузыря животных выпускают на 10-15 минут в загон. На основе данных взвешивания вычисляют средние показатели живой массы животных в группе и их среднесуточные приросты.

Промеры тела животных берут в день взвешивания или, если это невозможно сделать, на следующий день. Промеры только в том случае дадут объективное представление о размерах и типе телосложения, если животные находятся в нормальном состоянии упитанности. Измерения проводятся на ровной площадке с твёрдым грунтом или настилом при правильной постановке животного. Положения туловища и головы крупного рогатого скота должны быть однообразными и обычными для свободного и клинически здорового состояния животного.

При измерении свиней положение головы по отношению к туловищу имеет особо важное значение, так как в промер длины туловища входит и длина шеи. Длина шеи, как и всего туловища, значительно изменяется в зависимости от того, приподнята или опущена голова. Постановка головы при измерении свиней считается нормальной, если нижний край шеи и брюха приближается к одной прямой линии.

Точность взвешивания и измерений зависит от наличия необходимых инструментов. В научных исследованиях для повышения точности измерений необходимо брать каждый промер 2-3 раза и выводить среднюю величину.

Объёмность и кратность сопровождающих исследований должны быть таковыми, чтобы они существенно не нарушали нормальный ход проведения научно-хозяйственного опыта, не приводили к снижению роста или продуктивности подопытных животных. Поэтому нельзя перегружать научно-хозяйственный опыт большим количеством сопровождающих исследований.

Постановка животных на опыт, снятие с опыта и убой оформляют актами, как правило, с участием лиц несущих ответственность в научном учреждении за научно-методическую работу. Это необходимо для того, чтобы возможные методические недостатки и ошибки опыта были замечены в самом начале, когда ещё есть возможность их устранить. Активирование конечных результатов опыта придаёт им более объективный характер. **Результаты лабораторных и полевых исследований по мере их выполнения записывают в журнал первичного учёта материалов научных исследований, который должен быть пронумерован и прошнурован.** Во всех научных документах какие-либо подчистки и немотивированные исправления не допускаются.

Желательно проведение фотографирования, видеосъёмки животных подопытных групп, а также наиболее показательных явлений строения или жизнедеятельности животных возникающих под влиянием изучаемых факторов. По окончании опыта и обработки его данных составляется научный отчёт.

Требования, предъявляемые к выводам. Самый ответственный момент при проведении опыта – сделать правильный конечный вывод из экспериментальных данных, так как молодые научные работники часто не уделяют этому должного внимания. Они ошибочно полагают, что главное в эксперименте – получить те или иные цифровые данные, а выводы

приложатся сами собой, без особого усилия со стороны исследователя. Вывод содержит в себе то главное, ради чего ставится опыт. На выводах базируются практические предложения для производства.

Зоотехнический опыт должен ставиться так, чтобы получаемые в результате его проведения факты позволяли раскрыть их научное содержание, отделить стороны существенные от несущественных. Этого можно достичь лишь в том случае, если научно-хозяйственный опыт будет сопровождаться необходимыми физиологическими, морфологическими, биохимическими и другими исследованиями.

В результате научно-исследовательской работы, как правило, делаются выводы более или менее общего характера. Под выводом понимается такой вид умозаключения, когда из значения отдельных данных представляющих собою итог эксперимента, по логическим законам делается заключение в обобщённой и теоретически последовательной форме. Важнейшее свойство вывода состоит в том, что при правильных оценках и соблюдений законов логики он представляет истинное суждение.

Успех научно-исследовательской работы предполагает сосредоточение интеллектуальной жизни экспериментатора на предмете исследования в течение длительного времени. Это требует огромной, всё преодолевающей воли.

Научная работа требует постоянного и непрерывного думания. Необходимо «вжиться» в идейный круг вопросов, определяемый предметом исследования, «выносить» лучшие решения и зафиксировать их в разборе материалов и выводах из экспериментов. Решения обычно появляются лишь в том случае, когда развивается максимальная активность мысли, когда достигается состояние, при котором не только экспериментатор овладел материалами исследования, но и материалы исследования полностью и без остатка овладели исследователем так, что он уже не может не думать о полученных данных, не пытаться снова и снова разрешить противоречия.

Редко кому удается сразу, одномоментно оформить результаты эксперимента. Обычно приходится многократно обдумывать однажды сделанные описания, формулировки и особенно выводы и предложения для производства, всё время их совершенствуя как по содержанию, так и по форме изложения. При этом отдельные места приходится переписывать по нескольку раз.

Напряжённость, интенсивность научного мышления не менее важная сторона дела. Известно общее положение, что чем активнее исследователь относится к объекту исследования, тем при прочих равных условиях он ближе подходит к познанию объективной истины. «Скороспелые», непродуманные выводы из экспериментов нередко вносят только путаницу в содержание предмета и вместо содействия научному процессу становятся серьёзным тормозом развития науки, ибо объективно требуют новых исследований для опровержения этих ошибочных выводов.

Требования, предъявляемые к выводам:

1. Выводы должны отвечать на поставленную цель и задачи исследований.
2. В выводы вносятся теоретические осмысленные положения, вытекающие из эксперимента, а не одна только простая констатация опытных фактов. Констатация фактов означает, что исследователь не справился с главной целью эксперимента: не сумел проанализировать материал, полученный им в опыте и сделать соответствующие выводы. Сделать научно – теоретический анализ экспериментальных данных и правильно сформулировать выводы – это уже требует от специалиста высокой научной квалификации. Замена вывода констатацией факта – наиболее частая ошибка начинающих научных работников.
3. Объём понятий и выводов не должен быть больше того, что позволяют данные эксперимента. Не следует увеличивать суть без необходимости.
4. Выводы должны содержать элементы новизны для науки или практики. Не доказывать то, что уже было экспериментально доказано.
5. Выводы необходимо формулировать максимально конкретными, краткими и чёткими.
6. Отдельным разделом записываются предложения для использования в производстве.

Проблема доказательств вывода. Перед исследователем постоянно стоит вопрос о доказательности сделанных им выводов, наблюдений, опытов и экспериментов. Какие экспериментальные доказательства могут быть приведены для подтверждения истинности вывода, соответствия его объективной действительности? В зависимости от характера вывода для подтверждения его всеобщности могут быть использованы биометрический критерий и критерий практики.

Проблема доказательств выводов претендующих на непогрешимость может быть решена за счёт биометрического критерия «уровня значимости P », который показывает процент ошибочных случаев изучаемого признака. Значимость 0,05 означает, что в силу случайности ошибка будет составлять 5 % случаев. Какой уровень значимости ($P < 0,05$; 0,01; 0,001) выбирается в качестве критического, определяется характером опыта и поставленными задачами в требованиях к уровню достоверности.

Критерий практики. Если научное исследование завершилось внедрением в производство, то это значит, что выводы, полученные в эксперименте соответствуют объективной истине. Только то научное исследование может считаться окончательно апробированным и законченным, выводы из которого и предложения успешно применяются в производстве (Д.И. Менделеев, 1954; К.А. Тимирязев, 1948).

3. Выбор темы и построение методики научного исследования

Для суждения об актуальности, выдвигаемой на исследование темы необходимо обстоятельно проанализировать её со стороны научной истинности, практической необходимости и методической подготовленности.

1. Научная истинность:

- истинно ли заключение о том, что неизвестное явление, которое необходимо обнаружить, действительно неизвестно?;
- истинно ли предположение о том, что в этой неизвестной сфере действует закономерность, ещё не известная науке;
- истинно ли понимание того, что именно нужно исследовать исходя из потребностей практики и нужд науки.

2. Практическая необходимость:

- возможно ли дальнейшее развитие практики без разрешения данной научной проблемы;
- что может дать решение данной проблемы производству;
- могут ли знания, которые предполагается получить в результате исследования данной проблемы, обладать большей практической ценностью в сравнении с теми, которые уже имеются в науке (Е.С. Жариков, 1964).

3. Методическая подготовленность:

- может ли предлагаемая методика обеспечить вскрытие ожидаемых закономерностей;
- созданы ли приборы, аппараты, реактивы и другие средства научного исследования, позволяющие надёжно применить планируемую методику эксперимента.

Все эти вопросы должен поставить перед собою, прежде всего сам исследователь, предлагающий новую тему для эксперимента и получить на них достаточно чёткие, обоснованные ответы. Только всестороннее тщательное исследование, предлагаемой проблемы даст возможность как научному работнику, ставящему на исследование проблему, так и его инвесторам ответственным за разработку, правильно подойти к оценке её перспективной значимости.

Успешная разработка проблемы возможна, прежде всего, лишь в том случае, если научный работник ставит вопросы с полным знанием современного уровня науки. Не подражание, а самостоятельно продуманное направление исследований, базирующиеся на тщательном изучении истории проблемы, может привести к самостоятельным открытиям крупного масштаба. Это требует от учёного способности долго вести исследования в одном направлении, не теряя к нему научного интереса.

К подведению итогов и защите результатов проделанной работы, автор должен всесторонне подготовить себя к возможной критике излагаемых им научных положений, воспринимать её спокойно и рассудительно. Обстоятельное обсуждение результатов научных исследований помогает их улучшить, побуждает возникновению новых идей. Если исследователь будет рассматривать своих оппонентов как лично к нему недоброжелательно

относящихся людей, он лишит себя ценной возможности извлекать пользу из критических замечаний – важнейших моментов содействующих правильному формированию научных концепций. Вместе с тем экспериментатор должен научиться научно, отстаивать свои взгляды и убеждения.

Построение методики научного исследования. Методика научного исследования, кроме схемы опыта, порядка и характера контрольных измерений в процессе его проведения должна иметь достаточно обоснованную рабочую гипотезу, то есть научное предвидение того, каким должен быть ход опыта и каковы конечные его результаты.

Гипотезы для исследователя представляют собою важнейшее средство открытия через эксперимент новых научных положений, позволяет правильно строить сам процесс научного исследования.

История науки показывает, что в успехе исследовательской работы ведущее значение имеет интеллектуальный фактор. Правильная постановка вопроса на исследование является инициативным и организующим моментом эксперимента. Она определяет методы исследования, необходимость применения тех или иных приборов и аппаратов и т.д.

При организации опытов необходимо пользоваться несколькими правилами (А.Д. Сперанский, 1955).

Первое правило. Эксперимент не должен быть случайным. Начинать его только потому, что приобретён новый прибор или в какой-то проблеме, над которой работает другая лаборатория, остались невыясненными те или другие вопросы, нельзя.

Второе правило. В ходе исследования надо тщательно соблюдать необходимые пропорции между главным направлением эксперимента и его отдельными частями.

Третье правило. Оно состоит в том, что общий план исследований проблемы в содержании отдельных опытов не должен быть жёстко фиксированным.

Четвёртое правило. Эксперимент нельзя начинать до тех пор, пока не будут подготовлены все его составные элементы, полное знание истории предмета исследования, методика, соответствующая аппаратура и материальное оснащение, а так же люди, которые будут заняты на опыте. Погрешности в любом из этих элементов могут нанести ущерб, значительно обесценить или даже сорвать проведение эксперимента. Особое внимание следует обращать на отработку методики и знакомство с аппаратурой, которая должна быть освоена практически, то есть путём не только чтения, но и приобретения навыка, умения, мастерства.

В настоящее время, когда во всех странах мира по каждой проблеме зоотехнической науки интенсивно работают сотни, а иногда тысячи научных работников, нельзя начинать эксперимент без знания истории развития исследований по проблеме. Если историю предмета игнорировать, то может после окончания опыта оказаться, что в нём не было нужды, так как данный вопрос экспериментально уже решён, а результаты опубликованы.

Пятое правило. Как только начался опыт, исследователь должен отвлечься («выбросить из головы» все свои предварительные прогнозы) и только наблюдать, фиксируя факты. Совершенно недопустимо вести лишь выборочные наблюдения, регистрировать те факты, которые подтверждают принятую гипотезу или теорию, и не обращать внимания на факты, которые ей противоречат или являются фактами принципиально нового содержания.

Шестое правило. При проведении эксперимента должна соблюдаться необходимая пропорция между ручной работой и мыслительной деятельностью исследователя. Никогда не следует надолго откладывать обдумывание экспериментальных данных, нельзя начинать проведение нового опыта, пока не осмыслены результаты предшествующего.

Однако, чем далее откладывается осмысление результатов эксперимента, тем больше теряется фактов непосредственного наблюдения, тем всё более суживается впечатляющий материал, тускнеет картина в целом. Кроме того, обдумывание явлений, возникающих в ходе опыта и наблюдаемых иногда только у отдельных подопытных животных, даёт возможность заметить другие явления, которые могли бы пройти мимо исследователя. Чем больше явлений наблюдавшихся в эксперименте обдумано и отложилось у нас в форме суждений и понятий, тем более расширяются наши возможности мыслящего наблюдения в последующем.

Чтобы приступить к проведению научного исследования необходимо разработать для этого методику. В ней должны быть отражены актуальность и обоснованность выбранной темы для исследования; указываются цель и задачи эксперимента, а также материал и схема опыта; приводятся общепринятые, частные и собственные методики исследований изучаемых признаков, ожидаемые результаты опыта.

Обязательным приложением к методике должны быть разработаны: календарный план исполнения мероприятий (приводится перечень основных работ, их сроки и место исполнения; фамилия исполнителей и отметка о выполнении), перечень и объем лабораторных и других исследований (приводится перечень образцов и проб, используемых при исследовании, а также их количество; указывается какие лаборатории, исполнители и в какие сроки проводят исследования), предварительные затраты денежно-материальных средств на проведение исследований (указываются виды затрат и источники финансирования).

Разработанная экспериментаторами методика научных исследований заверяется подписями научного руководителя и исполнителей. Далее методика обсуждается в научном подразделении или кафедре соответствующей профилю темы научного исследования. После одобрения данной методики специализированной методической комиссией НИИ или факультета, можно приступать к её выполнению.

4. Биометрические методы анализа количественных и качественных признаков

4.1. Понятие о количественных и качественных признаках

Применение вариационно-статистического метода при анализе массовых данных в области биологии получило название биометрия. Биометрия является составной частью количественной биологии и смежных с ней прикладных наук (зоотехния, ветеринария, агрономия, медицина). **Биометрия – это математический раздел науки, изучающий изменчивость количественных признаков живых организмов одного вида.**

В основе современной селекции лежит генетический анализ продуктивных признаков животных. Сельскохозяйственные животные отличаются разнообразием хозяйственно полезных (продуктивных), морфологических, физиологических признаков. Однако лишь некоторые из них служат объектом практической селекции. Все хозяйственно полезные признаки животных подразделяют на качественные и количественные.

К **качественным признакам** относят пол (мужской и женский), окраску оперения птиц и шерстного покрова животных (альбинизм, пигментированность, пятнистость и др.), тип шерстного покрова (грубая, тонкая шерсть овец, смушки, овчины), рогатость, тип телосложения (конституция грубая, крепкая, рыхлая, нежная, плотная) форму гребня у кур, окраску скорлупы яиц и т.д.

Качественные признаки контролируются одним или несколькими генами, на действие которых не влияют ненаследственные факторы. Наследование качественных признаков подчиняется закономерностям, определённым Г. Менделем. Каждой паре качественных признаков (рогатость – комолость) соответствует пара аллельных генов (кк – КК, Кк), контролирующих развитие данных признаков.

Многие качественные признаки имеют только два альтернативных состояния, например пол – мужской или женский, скорлупа яиц – окрашенная или неокрашенная и т.д. Некоторые качественные признаки могут иметь 3-5 состояний, например тип конституции, интенсивность окраски скорлупы яиц, зёрен цветной кукурузы и др.

Большинство хозяйственно полезных признаков, по которым ведут селекцию животных, относят к **количественным**, или мерным. Эти признаки получили такое название потому, что они могут быть измерены и выражены в кг, см, % и т.п. К ним относятся удои, живая масса, содержание жира и белка в молоке, яйценоскость, масса яйца и др.

Развитие каждого количественного признака обусловлено большим числом пар генов, поэтому изучать процесс наследования таких признаков значительно труднее, чем качественных. При изучении количественных признаков приходится сталкиваться с непрерывной изменчивостью, когда переход от одного количественного уровня признака к другому составляет непрерывный ряд величин. Такая изменчивость количественных признаков

обусловлена как действием большого числа генов, так и влиянием факторов внешней среды.

4.2. Понятие о генеральной совокупности и выборке

Основная задача *биометрии* – изучение изменчивости количественных признаков живых организмов одного вида, породы и получение комплекса параметров и коэффициентов, характеризующих *членов изучаемой группы по одному или нескольким признакам*. В биометрии такой массовый материал называется *генеральной совокупностью*, которая и составляет цель изучения.

Изучение генеральной совокупности при большой численности животных – сложное и дорогостоящее мероприятие, поэтому применяют так называемый метод *выборочной совокупности*, который позволяет оценить генеральную совокупность путём отбора меньшей численности обследованных животных. Но при этом выборочная совокупность должна правильно отражать качества и особенности животных, составляющих генеральную совокупность. Такое условие обеспечивается отбором части животных из генеральной совокупности по принципу случайной выборки. Следовательно, выборка всегда меньше генеральной совокупности и составляет её часть. Выборочная совокупность должна правильно характеризовать генеральную совокупность и быть *репрезентативной* (представительной).

Метод случайного отбора членов выборки принято называть *рендоминизацией*. Она даёт равную возможность любому члену генеральной совокупности войти в состав рендоминизированной выборки. Например, если требуется дать характеристику стада, включающего 500 овец, то делают случайную выборку, численность членов которой (объём) определяют по специальным формулам.

Для ряда признаков изучение их варьирования у всех особей генеральной совокупности невозможно ещё и потому, что это может привести к уничтожению такой совокупности. В этих случаях выборочная совокупность (или выборочная проба) – единственный способ, позволяющий изучать тот или иной признак. Например: средние пробы молока, крови, зерна – для оценки всхожести и др. Объектом биометрии служит варьирующий признак, полученный на достаточной по численности группе особей однородной по основным признакам.

Выборка может быть малой, когда в неё отобрано меньше 30 членов (вариантов $n < 30$), или большой, если она составляет $n \geq 30$ вариантов. Техника обработки малых и больших выборок различна. Число особей в выборке обозначается буквой «n», а в генеральной совокупности «N». Величина признака у отдельной особи называется вариантной и обозначается буквой «V». Вариант – это численное выражение признака, полученное при его измерении.

4.3. Основные статистические параметры и коэффициенты используемые в зоотехнии

Основными источниками статистической информации в практической работе с животными служат данные: первичного зоотехнического и ветеринарного учёта; научно-производственного опыта; специального научного эксперимента в условиях лаборатории; получаемые в экспедициях при обследовании больших массивов домашних или диких животных с точки зрения экологии, этологии или по другому поводу.

Полученные данные подвергают статистическому анализу и используют при планировании долгосрочных программ развития животноводческой отрасли. В редких случаях статистической обработке подвергают всю генеральную совокупность. Так, перепись населения, или какого-либо вида животных – примеры сплошного изучения генеральной совокупности, что делается очень редко, так как это требует больших материальных и трудовых затрат.

Отобранные в выборочную совокупность объекты далее подвергают статистической обработке, позволяющей получать различные статистические коэффициенты. Выборку для этого оформляют в виде вариационного ряда. **Вариационный ряд** – это ряд вариантов, расположенных в определённой последовательности. Он показывает, как изменяется признак от минимальной до максимальной величины, какая частота вариант в каждом классе. Класс, в котором встречается наибольшее число вариант, называется **модальным**. Избранную форму организации членов в выборке определяют тем, какие статистические параметры или коэффициенты должны быть вычислены.

После того, как члены в выборке организованы в виде вариационного ряда приступают к обработке материала для получения необходимых статистических показателей. Биометрическим методом получают: среднюю арифметическую (\bar{X}), среднее квадратическое отклонение ($\pm\delta$), коэффициент вариации (C_v) и корреляции ($\pm r$), ошибку средней арифметической ($\pm m$), критерий достоверности средней арифметической (t), критерий достоверности разности между двумя средними арифметическими показателями (t_d), необходимый объем выборки для получения достоверных результатов при проведении научных исследований (n).

4.4. Основные генетико-статистические величины и их применение

Средняя арифметическая (\bar{X}) – основной параметр, характеризующий совокупность изучаемого признака. Она показывает, какое значение признака наиболее характерно в целом для конкретной совокупности животных.

Свойства средней арифметической вычисленной с помощью построения вариационного ряда. Полученная таким образом средняя арифметическая обладает рядом важных свойств:

- позволяет получать срединное значение изучаемого признака;

- имеет абстрактное значение;
- если каждую варианту совокупности уменьшить или увеличить на какое-то произвольное положительное число, то и средняя арифметическая уменьшится или увеличится на столько же;
- если каждую варианту совокупности разделить или умножить на одно и то же число, то и средняя арифметическая изменится во столько же раз;
- сумма отклонений отдельных вариантов от средней арифметической равна нулю: $\Sigma(V - \bar{X}) = 0$.

Вычисление средней арифметической (\bar{X}) в малочисленных выборках. Вычисление средней арифметической простым способом при малом числе вариантов заключается в суммировании всех значений варьирующего признака и делении полученной суммы (порядковых номеров вариантов) на общее количество вариантов.

$$\bar{X} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_i}{n} = \frac{\sum V_i}{n},$$

где i – порядковый номер варианты; n – количество вариантов; $V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_i$ – числовые значения каждой варианты; \sum – знак суммирования; $\sum V_i$ – сумма числовых значений вариантов.

Например: группа из 5 телят, живая масса которых составляет: $V_1 = 27$, $V_2 = 28$, $V_3 = 26$, $V_4 = 33$, $V_5 = 31$ кг. Подставляя цифры в вышеуказанную формулу, находим, что:

$$\bar{X} = \frac{27 + 28 + 26 + 33 + 31}{5} = 29 \text{ кг}$$

Вычисление средней взвешенной ($\bar{X}_{взв.}$). Средняя взвешенная представляет собой результат усреднения средних арифметических нескольких совокупностей. Формула вычисления средней взвешенной следующая:

$$\bar{X}_{взв.} = \frac{\bar{X}_1 n_1 + \bar{X}_2 n_2 + \bar{X}_3 n_3 + \dots + \bar{X}_i n_i}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i} = \frac{\sum \bar{X}_i n_i}{\sum n_i},$$

где $\bar{X}_{взв.}$ – средняя взвешенная; $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3 \dots \bar{X}_i$ – порядковые номера объема средних арифметических первой, второй, третьей и т.д. совокупностей; $n_1, n_2, n_3 \dots n_i$ – порядковые номера объема совокупностей.

Примером взвешенной средней может служить вычисление процента жира в молоке поступившего от трех фермеров. От первого фермера поступило 40 кг молока с жирностью 3,3 %, второго – 50 кг с жирностью 3,5 % и третьего – 110 кг с жирностью 3,9 %.

При вычислении средней взвешенной нужно учитывать не только средний процент жира в молоке, поступившего от каждого фермера ($\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3$), но и объем (массу) молока (n_1, n_2, n_3), по которым были вычислены средние в каждом из фермеров.

Подставляя цифры в вышеуказанную формулу, находим, что:

$$\bar{X}_{\text{взв.}} = \frac{40 \text{ кг} \cdot 3,3 \% + 50 \text{ кг} \cdot 3,5 \% + 110 \text{ кг} \cdot 3,9 \%}{40 \text{ кг} + 50 \text{ кг} + 110 \text{ кг}} = \frac{736 \text{ кг}}{200 \text{ кг}} = 3,68 \%$$

Вычисление средней взвешенной процента жира в молоке основан на суммировании однопроцентного молока (736 кг) и делением полученной суммы (736 кг) на общий объем (массу) молока (200 кг).

Если бы мы решали эту задачу простым способом, это бы означало суммирование показателей жирности молока поступившего от трех фермеров и деление полученной суммы ($\sum V_i$) на количество фермеров (n).

$$\bar{X}_{\text{простое}} = \frac{\sum V_i}{n} = \frac{3,3 \% + 3,5 \% + 3,9 \%}{3} = 3,57 \%$$

Следовательно, чем больше будет разница между слагаемыми вариантами и между величинами объема или массы этих совокупностей, тем больше арифметическая вычисленная простым способом отклоняется от величины, вычисленной с помощью взвешенной средней.

Вычисление средней арифметической ($\bar{X}_{\text{сл.}}$) в многочисленных выборках (сложный способ). Для больших выборок, с которыми в основном приходится работать селекционеру, применяют относительно сложный способ вычисления средней арифметической. Для этого предварительно строят вариационный ряд, в котором все члены распределяются по классам с учетом величины варьирующего признака. Дальнейшую обработку выборочной совокупности, оформленной в виде вариационного ряда, осуществляют различными методами, а именно: методом произведений, сумм или разностей. Любой из этих методов дает в конечном счете одинаковые величины статистических параметров при обработке выборочных данных. Оформление вариационного ряда при большой выборке и применении того или иного метода его обработки позволяют значительно ускорить расчетную работу. В настоящее время данная работа выполняется через посредство компьютеризированных программ.

При составлении вариационных рядов следует иметь в виду, с каким типом признака приходится иметь дело. Признаки, которые могут принимать только целое число, называются **прерывными**, т.е. они могут быть выражены целыми числами (например: число животных, эритроцитов, яиц и т.п.). Признаки, которые могут быть выражены любым дробным числом (рост в см, масса в кг, жирность молока в % и т.п.), называются **непрерывными**. Эти различия в признаках имеют значение при составлении и обработке вариационных рядов.

Среднюю арифметическую в больших выборках вычисляют по формуле $\bar{X}_{\text{сл.}} = A + K \cdot b$ или $\bar{X}_{\text{сл.}} = A + K \cdot \frac{\sum f \cdot a}{n}$, $b = \frac{\sum f \cdot a}{n}$, где A – условная средняя; K – величина классового промежутка; b – поправка к условной средней; f – число вариант в классах называемых частотами; a – отклонение от условной средней; n – общее количество вариант в выборочной совокупности.

Построение вариационного ряда и вычисление средней арифметической в многочисленных выборках разберем на примере решения задачи. Дано ряд вариантов по настригу шерсти у овец, кг: 5,8 4,1 6,6 4,6 4,7 4,4 3,5 4,2 4,0 4,2 6,6 5,1 4,6 5,5 4,4 4,8 4,0 6,4 6,6 4,0 5,5 3,6 6,8 4,9 3,8 7,0 4,6 6,2 6,0 4,2 4,9 4,1 3,5 4,2 4,0 5,8 6,6 4,6 4,3 7,4. $n = 40$ гол.

Составление вариационного ряда начинается с определения величины (К) и числа (l) классов, из которых будет состоять вариационный ряд. Это первый этап организации выборочной совокупности. Второй этап заключается в разноске членов совокупности по классам с учетом величины признака у каждого из членов.

Для построения вариационного ряда находим минимальное и максимальное значение вариант: $V_{max}=7,4$ кг, $V_{min}=3,5$ кг.

Далее находим величину классового промежутка (K), которая определяется следующим образом: $K = \frac{V_{max} - V_{min}}{l} = \frac{7,4 - 3,5}{8} = \frac{3,9}{8} \approx 0,5$

Для упрощения оформления границ классов, классовый промежуток округляют до удобной величины. С непрерывными числами вариант, округление проводят до десятичного знака ($3,9:8=0,4875 \approx 0,5$), с прерывными – до целого числа ($25:8=3,125 \approx 3,0$).

Рекомендуется иметь следующее число классов при разном объеме выборки: $n=30-60$, $l=8-10$; $n=61-100$, $l=10-12$. Соотношение между «n» и «l» может быть изменено, и оно не является неперменным и обязательным.




Определяем границы классов (табл.2). Граница бывает нижней и верхней. За нижнюю границу первого класса принимается минимальная варианта $V_{min}=3,5$ кг. Нижняя граница второго класса и последующих определяется путем прибавления к V_{min} классового промежутка (K) с нарастающим итогом.



Таблица 2 – Вычисление $\bar{X} \pm \delta$ и C_v , с использованием вариационного ряда

№ п/п	Границы классов	Частота, f	Середина класса, W	Ранжирование, отклонение, α	Произведение $f\alpha$	Произведение $f\alpha^2$
1	3,5-3,9	4	3,7	-1	-4	4
2 А	4,0-4,4	13	4,2	0	0	0
3	4,5-4,9	8	4,7	+1	8	8
4	5,0-5,4	1	5,2	+2	2	4
5	5,5-5,9	4	5,7	+3	12	36
6	6,0-6,4	3	6,2	+4	12	48
7	6,5-6,9	5	6,7	+5	25	125
8	7,0-7,4	2	7,2	+6	12	72
		$n=40$			$\sum f\alpha=67$	$\sum f\alpha^2=297$

Верхняя граница первого класса рассчитывается следующим образом: к V_{min} прибавляют классовый промежуток за минусом единицы – если числовые значения вариант в выборке целые, т.е. прерывные и 0,1 – если числа дробные, непрерывные. В нашем примере числа дробные, значит будем вычитать 0,1 и получим $3,5+0,5-0,1=3,9$.

Верхняя граница второго класса и последующих верхних определяется путем прибавления классового промежутка с нарастающим итогом.

Установив границы классов, приступают к разноске вариант настрига шерсти по классам, в виде точек методом конверта:  - 10,  - 9,  - 8,

 - 7,  - 6 и т.д. Частоты вариант по классам обозначенные методом конверта необходимо представить в виде числовых значений и суммировать их. Вычисляем середину каждого класса W , которая равна полусумме значений нижней и верхней границы: $W = \frac{3,5+3,9}{2} = 3,7$ и т.д.

Выбираем условную среднюю « A ». В качестве таковой обычно берут значение середины того класса, в который входит наибольшее число вариант $(4,0+4,4):2=4,2$. Этот класс называется модальным классом и в данном примере $A=4,2$ кг. Обводим жирной чертой второй класс вариационного ряда и ставим букву « A » в его начале.

Вычисляем отклонения (ранжирование) середины каждого класса от условной средней по формуле: $a = \frac{W - A}{K}$. Середины класса, которые идут от « A » в сторону увеличения, ранжируют по порядку со знаком «плюс» (+1,+2,+3 и т.д.), а в сторону уменьшения – со знаком «минус» (-1,-2,-3 и т.д.).

Отклонения каждого класса умножаем на соответствующую частоту и вычисляем произведение « $f \cdot a$ » с последующим их суммированием $\sum f \cdot a = 67$.

Вычисляем поправку к условной средней по формуле:

$$b = \frac{\sum f \cdot a}{n} = \frac{67}{40} = 1,67$$

Когда поправка со знаком «+», её прибавляют к условной средней « A », а когда со знаком «минус» – вычитают.

Вычисляем $\bar{X}_{cl.}$ по формуле $\bar{X}_{cl.} = A + K \cdot b$, $\bar{X}_{cl.} = 4,2 + 0,5 \cdot 1,67 = 5,03$ кг.

Показатели изменчивости признаков. Установление степени разнообразия признака в популяциях имеет важное значение в генетическом анализе популяций и в селекции. Именно величиной изменчивости определяется возможность улучшения путем отбора лучших животных в племенных стадах.

В зависимости от величины изменчивости все хозяйственно полезные признаки животных, по которым ведется селекция, подразделяют на признаки с низкой изменчивостью (коэффициент изменчивости находится в

пределах 1-15 %), средней (16-25 %) и высокой изменчивостью (26 % и более).

При высокой изменчивости какого-либо признака лучшие и худшие показатели будут существенно отличаться от средней арифметической, что даст возможность постоянного повышения среднего уровня признака по стаду за счет отбора для воспроизводства лучших особей. В то же время возможность селекции на улучшение признака, характеризующегося низкой изменчивостью, практически исключается. Это связано с тем, что показатели селекционного признака будут очень близкими к средней, и поэтому отобрать лучших особей из стада весьма сложно.

При изучении изменчивости (вариабельности) признака особей данной совокупности применяют следующие параметры: лимит ($lim = V_{max} - V_{min}$), среднее квадратическое (стандартное) отклонение (δ), коэффициент вариации или изменчивости ($CV, \%$).

Наиболее простой показатель варьирования признака – величина лимита. Лимиты характеризуют минимальную и максимальную величины изучаемого признака в выборочной совокупности и указывает на амплитуду вариации. Чем больше разность между максимальной и минимальной вариантой, тем значительнее изменчивость признака. Однако, эти показатели не отражают различий внутри выборки и животные с такими показателями могут быть не характерны для данного стада. Например, при одинаковой средней величине животных двух групп живой массой $\bar{O}_1 = 50$ кг, $\bar{O}_2 = 50$ кг лимиты составили в первой группе 45-55, а во второй – 42-58 кг. Размах колебаний в первой группе был 10 кг, во второй – 16 кг. Таким образом, при одной и той же средней величине, группы неоднородны. Следовательно, более точным показателем изменчивости является среднее квадратическое отклонение, которое учитывает отклонение каждой варианты от средней арифметической.

Наиболее часто употребляемыми в практической селекции показателями изменчивости (вариабильности) признака является среднее квадратическое (стандартное) отклонение (δ) и коэффициент вариации или изменчивости (CV).

Среднее квадратическое отклонение или сигма (δ) позволяет судить о степени разнообразия признака в абсолютных величинах. Она выражается в тех же единицах, что и средняя арифметическая (в кг, см, л, % и т.д.). Сигма показывает насколько однородна или разнообразна группа животных по изучаемому признаку. Чем больше величина сигмы, тем выше изменчивость, и наоборот.

Вся изменчивость признака укладывается от средней арифметической в пределах $\pm 3\delta$ (правило плюс-минус трех сигм). Поэтому средняя арифметическая, уменьшенная или увеличенная на 3δ , дает крайние варианты признака. Так, при нормальном распределении вариант генеральной совокупности, в пределы $\pm 3\delta$ входит 99,7 % особей. Около 95 %

особей входит в пределы $\pm 2\delta$ и приблизительно 68 % особей – в пределы выборки $\pm 1\delta$.

Так, если живая масса овец выборки составляет $\bar{X}=50$ кг, $\delta=\pm 2$ кг, используя свойство $\pm 3\delta$ можно определить максимальную и минимальную варианты в генеральной совокупности ($lim=50$ кг $\pm 3 \cdot 2$ кг = 44-56 кг) и выборке ($lim=50$ кг $\pm 1\delta \cdot 2$ кг = 48-52 кг).

Наличие знаков «+» и «-» – указывает на то, что величина этого параметра характеризует изменчивость признака особей в сторону уменьшения, так и в сторону их увеличения.

Среднее квадратическое отклонение – это абсолютный показатель изменчивости. При вычислении сигмы, ее определяют с точностью на один десятичный знак больше, чем точность которую применяют в отношении средней арифметической для того же ряда.

Вычисление среднего квадратического отклонения (δ) в многочисленных выборках ($n>30$). Более быстрые расчеты можно осуществить, применяя метод произведений, которым мы уже пользовались при вычислении средних величин.

Составим расчет сигмы на примере задачи по настригу шерсти у овец по ранее приведенным данным на с.25. Для определения δ находим сумму чисел последней 7-ой графы таблицы вариационного ряда, которая составляет $\sum fa^2=297$. Для получения чисел данной графы, отклонения возводят в квадрат и умножают на соответствующие частоты. Сигму

вычисляют по формуле: $\delta = \pm K \sqrt{\frac{\sum f \cdot a^2}{n} - \left(\frac{\sum fa}{n}\right)^2}$, где K – величина

классового промежутка; f – частота вариантов; a – отклонение от условного среднего класса; n – количество вариантов в выборке. Подставив вычисленные величины в формулу, получим:

$$\delta = \pm 0,5 \sqrt{\frac{297}{40} - \left(\frac{67}{40}\right)^2} = \pm 0,5 \sqrt{4,6} = \pm 1,07 \text{ кг.}$$

Крайние значения (лимиты) в генеральной совокупности будут находиться в пределах $\pm 3\delta$ ($lim=5,03$ кг $\pm 3 \cdot 1,07=1,82-8,24$ кг), а в выборочной совокупности $\pm 1\delta$ ($lim=5,03$ кг $\pm 1 \cdot 1,07=3,69-6,10$ кг).

Вычисление коэффициента вариации или изменчивости ($CV, \%$). Изложенные методы определения степени изменчивости с помощью лимитов и среднего квадратического (стандартного) отклонения имеют один недостаток: они дают показатель изменчивости признака в именованных величинах (кг, см, л, %), а не в относительных. Вследствие этого сопоставление разноименных признаков по величине изменчивости с помощью лимита и стандартного отклонения произвести невозможно.

Например, селекционеру необходимо выяснить изменчивость различных селекционных признаков у одного и того же вида животных чтобы иметь суждение о перспективах и интенсивности племенной работы. Так, если нужно определить изменчивость шерстной продуктивности

тонкорунных овец по составляющим ее признакам: настригу шерсти (кг), длине (см), тонине (мкм), прочности на разрыв (сН/текс), содержанию жира шерсти (%) и т.п., то сопоставляют изменчивость каждого показателя с каждым из общего их числа. Но сопоставить изменчивость шерстной продуктивности по составляющим ее признакам с помощью лимитов и сигмы нельзя, так как каждый признак измеряется разными мерами. Поэтому для сопоставления изменчивости разноименных признаков и для выявления уровней изменчивости у одноименных признаков разных сопокупностей при больших различиях средних арифметических величин сравниваемых групп удобнее пользоваться коэффициентом изменчивости (CV), который показывает изменчивость в относительных величинах, а именно – в процентах.

Для вычисления коэффициента изменчивости определенного признака, величину его сигмы делят на среднюю арифметическую, а полученный результат умножают на 100 %. Формула коэффициента изменчивости следующая: $\tilde{N}_v = \frac{\delta}{\bar{O}} \cdot 100 \%$. Чем больше величина CV , тем более изменчив признак.

Коэффициент изменчивости имеет три уровня: 1-й уровень CV до 15% – низкая изменчивость, 2-й уровень с 16 до 25 % – средняя и 3-й уровень с 26 % и более – высокая изменчивость.

Пример. Необходимо сравнить изменчивость различных признаков в группе животных по следующим показателям:

	\bar{X}	$\pm\delta$
1. Живая масса коров, кг	500,0	48,50
2. Суточный удой, л	15,5	2,58
3. Жирность молока, %	4,0	0,51
4. Высота в холке, см	160,0	10,39

Подставляя данные величины в формулу получим коэффициенты изменчивости различных изучаемых признаков:

$$1. \tilde{N}_v = \frac{48,50}{500,0} \cdot 100 = 9,7 \%$$

$$2. \tilde{N}_v = \frac{2,58}{15,5} \cdot 100 = 16,6 \%$$

$$3. \tilde{N}_v = \frac{0,51}{4,0} \cdot 100 = 12,8 \%$$

$$4. \tilde{N}_v = \frac{10,39}{160,0} \cdot 100 = 6,5 \%$$

При сравнении коэффициентов изменчивости видно, что наибольшее разнообразие признака наблюдается по удою молока (16,6 %), наименьшее – по высоте в холке коров (6,5 %). В нашей задаче по настригу шерсти у овец

коэффициент изменчивости составил $\tilde{N}_v = \frac{1,07}{5,03} \cdot 100 = 21,3 \%$, что указывает на средний уровень изменчивости признака.

При сравнении двух групп животных по изменчивости одного признака следует пользоваться средними квадратическими отклонениями (δ), а не коэффициентами вариации (CV), зависящими от величины средней арифметической (\bar{X}). Поэтому даже при одинаковой величине сигмы коэффициенты вариации могут быть различны, если неодинаковые средние арифметические, что может привести к неправильным выводам. Например. Результаты биометрической обработки двух групп животных показывают, что живая масса 1-ой группы $\bar{O}_1 = 15,0$ кг, $\delta = \pm 2,4$ кг, а 2-ой группы – $\bar{O}_2 = 19,0$ кг, $\delta = \pm 2,4$ кг. Наблюдаемая разница в 4,0 кг ($19,0 - 15,0 = 4,0$ кг) показывает межгрупповое различие средних арифметических 2-х выборок. Однако, внутригрупповая изменчивость живой массы животных как 1-ой так и 2-ой группы находится на одном уровне ($\delta = \pm 2,4$ кг). Тогда как, рассматривая вариабельность признака через призму коэффициента изменчивости, находим что в 1-ой группе он будет составлять 16,0 % (средняя степень изменчивости), а во 2-ой группе – 12,6 % (низкая степень изменчивости).

Генетическая и селекционная науки выявили разную степень изменчивости основных селекционных признаков. За последние годы установлены коэффициенты изменчивости для одних и тех же признаков у разных пород. Использование коэффициента изменчивости в таком многообразном плане значительно расширяет информацию для решения практических задач и углубленного теоретического анализа особенностей популяции животных.

Особенности коэффициента изменчивости.

1. Величина коэффициента изменчивости не должна рассматриваться отдельно от средней арифметической и сигмы. Например. При близких значениях коэффициента изменчивости ($CV_1 = 16,0\%$ и $CV_2 = 16,0\%$), полученных на 2-х выборках, абсолютные величины $\bar{O}_1 = 15,0$ кг и $\bar{O}_2 = 18,0$ кг; $\delta_1 = \pm 2,40$ кг и $\delta_2 = \pm 2,88$ кг) для этих совокупностей могут быть совершенно на разных уровнях. Следовательно, одинаковая или близкая величина CV двух выборок еще не означает, что они качественно близки.

2. Одинаковые величины CV двух выборок могут быть результатом разных причин, а именно: CV может увеличиваться или за счет повышенного числителя, т.е. более высокой величины δ одной выборки, или за счет уменьшенного знаменателя, т.е. \bar{X} . Эти особенности необходимо учитывать при анализе материала, чтобы не впасть в ошибку и не сделать неправильные выводы, беря величину CV вне связи с величиной \bar{X} и δ .

3. Коэффициент изменчивости целесообразно использовать при изучении показателей характеризующих возрастные особенности животных.

Использование CV совместно с \bar{X} и δ дает ясное представление о динамике и закономерностях онтогенеза по тому или иному признаку.

4. Коэффициент изменчивости имеет большое значение при планировании объема опыта. Так как правильно установленный объем опыта позволяет получать достоверные биометрические параметры.

Вычисление средней арифметической « \bar{X} », среднего квадратического отклонения « δ » и коэффициента изменчивости « CV » в малочисленных выборках.

Средняя арифметическая является основным показателем характеризующим совокупность по величине изучаемого признака. Установление степени разнообразия признака в популяциях имеет определенное значение в селекции. Таким показателем разнообразия признака является среднее квадратическое отклонение δ , которое учитывает отклонение каждой варианты от средней арифметической. При изучении разнообразия признаков, выраженных в различных единицах измерения, используют другой показатель – коэффициент вариации (CV).

Известны два метода вычисления \bar{X} и δ в малых выборках.

1-й метод – вычисление δ при малой выборке с использованием условной средней (табл. 3). Применяется он в основном тогда, когда цифры дробные и более чем трехзначные.

Пример. Вычислить \bar{X} , δ и CV по настригу шерсти овец, $n=10$ гол., данные в кг: 4,8 3,2 6,7 4,4 4,6 4,7 4,4 5,3 5,4 6,1.

При статистической обработке малых выборок рекомендуют работать с двухзначными числами. Это можно сделать с любыми числами, используя одно из свойств средней арифметической (то есть, если число четырехзначное, то его делят на 100, а если однозначное, то умножают на 10 и т.д.). Статистическую обработку ведут следующим образом. За условную среднюю (A) можно брать любое число, но обычно для удобства берут целое число избегая крайние варианты ($V_{min}=3,2$ и $V_{max}=6,7$). В данном примере удобнее взять $V=4,8$ кг ($3,2+6,7=9,9:2=4,95\approx 5,0$).

Вычисляем отклонения вариантов от условной средней по формуле $D=V-A$, записываем в графу D и суммируем $\sum D=+1,6$. Далее отклонения возводят в квадрат и результат записывают в третью графу D^2 и суммируем $\sum D^2=8,84$.

Средняя арифметическая рассчитывается по формуле:

$$\bar{X} = A + \frac{\sum D}{n} = 4,8 + \frac{1,6}{10} = 4,8 + 0,16 = 4,96 \text{ кг}, \text{ а можно } \bar{X} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 \dots}{n} = \frac{\sum V_i}{n} \text{ и}$$

получим такую же $\bar{X} = 4,96$ кг.

Среднее квадратическое отклонение вычисляют по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum D^2 - b}{n-1}}, \text{ где } n - \text{ количество вариантов, } b - \text{ поправка к условной}$$

средней. Она вычисляется по формуле: $b = \frac{(\sum D)^2}{n} = \frac{(+1,6)^2}{10} = \frac{2,56}{10} = 0,256$,

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum D^2 - b}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{8,84 - 0,256}{10-1}} = \pm \sqrt{\frac{8,584}{9}} = \pm \sqrt{0,954} = \pm 0,98, \quad \text{следовательно}$$

коэффициент изменчивости будет равен: $\tilde{N}_v = \frac{\delta \cdot 100\%}{\bar{D}} = \frac{0,98 \cdot 100}{4,96} = 19,8\%$

Таблица 3 – Вычисление δ с использованием условной средней A

№ п/п	Вариант, V	Отклонение, $D = V - A$	Квадрат отклонения, D^2
1	4,8	0	0
2	3,2	-1,6	2,56
3	6,7	+1,9	3,61
4	4,4	-0,4	0,16
5	4,6	-0,2	0,04
6	4,7	-0,1	0,01
7	4,4	-0,4	0,16
8	5,3	+0,5	0,25
9	5,4	+0,6	0,36
10	6,1	+1,3	1,69
	$n=10$	$\sum D=+1,6$	$\sum D^2=8,84$

2-й метод – вычисление среднего квадратического отклонения в малых выборках с использованием средней арифметической, где $\sum D=0$ (табл.4).

Приведем расчет \bar{X} , δ и CV по данным использованным в 1-ом методе.

Таблица 4 – Вычисление δ с использованием средней арифметической

№ п/п	Вариант, V	Отклонение, $D = V - \bar{X}$	Квадрат отклонения, D^2
1	4,8	-0,16	0,0256
2	3,2	-1,76	3,0976
3	6,7	+1,74	3,0276
4	4,4	-0,56	0,3136
5	4,6	-0,36	0,1296
6	4,7	-0,26	0,0676
7	4,4	-0,56	0,3136
8	5,3	+0,34	0,1156
9	5,4	+0,44	0,1936
10	6,1	+1,14	1,2996
	$n=10 \sum Vi=49,6$	$\sum D=0$	$\sum D^2=8,8144$

Среднюю арифметическую вычисляем по формуле $\bar{X} = \frac{\sum Vi}{n} = \frac{49,6}{10} = 4,96$ кг.

Отклонение вариант от средней арифметической вычисляем по формуле $D = V - \bar{X}$, записываем разность в графу D и суммируем, где $\sum D=0$. В третью графу вносим показатели отклонения возведенного в квадрат и суммируем: $\sum D^2 = 8,8144$. Среднее квадратическое отклонение вычисляем по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum D^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{8,8144}{10-1}} = \pm \sqrt{0,97} = \pm 0,98 \text{ кг}, \tilde{N}_V = \frac{0,98 \cdot 100}{4,96} = 19,8\%$$

Вывод – показатель изменчивости настрига шерсти у овец средний при $CV=19,8\%$.

Ошибка средней арифметической ($\pm m_x$) для большой и малой выборки. При проведении экспериментальных работ в животноводстве, а также в практической селекционной работе основные параметры совокупности (\bar{X} , δ , CV и др.) вычисляют, как правило, не по генеральной совокупности, а по выборочной. Поэтому статистические параметры для выборки могут несколько отличаться от тех их значений, которые были бы получены для генеральной совокупности. Следовательно необходимо добиваться того, чтобы статистические ошибки были полностью устранены, а если их нельзя избежать, то следует свести к минимуму.

Статистические ошибки обусловлены самим выборочным методом, при котором из генеральной совокупности отбирается по принципу случайности часть ее членов (случайная выборка).

Таким образом, случайная выборка составляя часть генеральной совокупности, должна достаточно правильно отражать свойства генеральной совокупности. Но как часть чего-либо не может полноценно отражать свойства целого, так и выборка не может полностью отражать генеральной совокупности, в результате чего и возникает статистическая ошибка. Поэтому все статистические параметры вычисленные для выборочной совокупности, могут в той или иной мере не совпадать, а отличаться по своей величине от аналогичных параметров для всей генеральной совокупности. Чем меньше ошибка, тем лучше выборочные параметры (\bar{X} , δ , CV и т.д.) характеризуют генеральную совокупность.

В биометрии разработаны приемы вычисления величины ошибок. По величине ошибки и соотношению ее с той выборочной характеристикой, для которой она вычислена, можно судить о том, достаточно ли точно выборочные данные отражают параметры присущие генеральной совокупности. Если в обработку включены все члены генеральной совокупности, то никаких ошибок не возникает и вычислять их не нужно.

Для того чтобы вычисленные параметры выборки более точно соответствовали аналогичным параметрам генеральной совокупности, необходимо добиваться уменьшения ошибки. Следовательно, чем больше объем выборки приближается к объему генеральной совокупности, и чем меньше варьирует признак, тем лучше выборка отражает свойства генеральной совокупности и тем меньше будут ошибки у всех выборочных коэффициентов. Так как степень изменчивости признака объективно существует у членов совокупности и изменять его по усмотрению экспериментатора нельзя, то влиять на величину ошибки можно путем определения необходимого объема выборки, численность которой обеспечит достаточное совпадение выборочных коэффициентов с коэффициентами генеральной совокупности.

Увеличение объема выборки дает уменьшение статистических ошибок. Это особенно необходимо учитывать при изучении объектов имеющих сильное варьирование признаков. Однако, увеличение объема выборки связано с увеличением затрат труда, времени и средств на получение и обработку цифрового материала. Следовательно, необходимо заранее определить такой объем выборки, который обеспечит достаточную точность опыта, т.е. достаточное совпадение выборочных статистических параметров с параметрами генеральной совокупности, и в то же время не потребует больших затрат для опыта и обработки материалов, но гарантирует получение достоверных статистических выборочных параметров.

В структуру формул статистических ошибок включают показатель изменчивости признака и объем выборки. В зоотехнической и ветеринарной литературе статистическую ошибку принято обозначать буквой «*m*» с подстрочным значком того параметра, для которого его вычисляют.

Формулы статистических ошибок для основных генетико-статистических параметров следующие: ошибка средней арифметической для выборки $n \geq 30$ $m_x = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$, $n < 30$ $m_x = \frac{\delta}{\sqrt{n-1}}$; ошибка среднего квадратического отклонения $m_s = \frac{\delta}{\sqrt{2n}}$; ошибка коэффициента изменчивости

$m_{Nv} = \frac{Cv}{\sqrt{2n}}$ и др. Ошибки используются для установления доверительных границ в генеральной совокупности, достоверности выборочных показателей и разности, установления объема выборок при их исследованиях.

Ошибка средней арифметической есть неточность или разность между средней арифметической выборки и средней арифметической генеральной совокупности. Ошибка средней арифметической может быть выражена не только в именованных величинах, но и в относительных, т.е. в процентах. В этом случае ее называют показателем точности (*E*) и вычисляют путем определения процентного выражения ошибки от средней

арифметической: $E = \frac{m_x}{\bar{X}} \cdot 100\%$.

Чем меньше величина *E*, тем достовернее, надежнее полученная средняя арифметическая. В выборке из овец (по данным задачи) определен средний настриг шерсти $\bar{X} = 5,03$ кг, а $\delta = \pm 1,07$ кг. Следовательно, ошибка средней арифметической данной выборки будет составлять

$$m_{\bar{X}} = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n}} = \pm \frac{1,07}{\sqrt{40}} = \pm 0,17 \text{ кг}.$$

Средний настриг шерсти изучаемой выборки можно записать так $\bar{X} \pm m = 5,03 \pm 0,17$ кг.

В малочисленных выборках ($n < 30$) ошибка вычисляется по формуле

$$m_{\bar{X}} = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n-1}}.$$

Из формулы видно, что ошибка прямо пропорциональна величине изменчивости признака (δ) и обратно пропорциональна квадратному корню из объема выборки. Следовательно, чем больше « n » и чем меньше « δ », тем меньше величина ошибки. Ошибка является именованной величиной и выражается так же, как и средняя арифметическая, для которой она вычислена. Наличие у показателя ошибки знаков плюс и минус означает, что величина генеральной средней будет находиться в каких-то границах, отстоящих от выборочной средней арифметической на определенную величину ($\bar{X}_{ген} = 5,03 - 0,17 = 4,86$ кг, $\bar{X}_{ген} = 5,03 + 0,17 = 5,20$ кг).

Вычисление критерия достоверности средней арифметической выборки. Для определения достоверности полученной выборочной средней арифметической используется ее ошибка. Критерий достоверности (t)

определяют по формуле $t_{\bar{X}} = \frac{\bar{X}}{m_{\bar{X}}}$.

По величине t судят о достоверности данного статистического параметра, основываясь на связи этой величины с уровнем вероятности P .

Так, при стандартном $t_1 = 1,96$, вероятность $P \geq 0,95$,

$t_2 = 2,58$ вероятность $P \geq 0,99$,

$t_3 = 3,30$, вероятность $P \geq 0,999$.

Эти данные показывают, какова вероятность того, что вычисленный параметр t (критерий достоверности средней арифметической) достоверно отражает уровень такого же параметра генеральной совокупности. Если, в конкретном примере $t = 1,96$, а $P \geq 0,95$, то это значит, что из 100 вариантов выборки в 95 будет получено такое же значение параметра, какое получено в данной выборке, где $t_{\bar{X}} = 1,96$. Величину $t_{0,95} = 1,96$ называют первым порогом достоверности. Она дает возможность считать данные, полученные в выборке, достоверными, то есть правильно отражающими параметр генеральной совокупности. Этот порог считается минимальным для работ, имеющих поисковый характер, для научно-исследовательских опытов на производстве.

Второй порог достоверности принято брать на уровне $P \geq 0,99$, когда $t_{\bar{X}} = 2,58$. Этот показатель используют в том случае, когда требуется детализация различных явлений и закономерностей, например для генетических исследований.

Третий порог принято брать на уровне $P \geq 0,999$, то есть при $t_{\bar{X}} = 3,3$. В этом случае вероятность правильности выборочного параметра подтверждалось бы в 99,9 опытах из 100. И только в 0,1 случае параметры в выборках могли быть другими по величине. Этот порог достоверности принято использовать при изучении действия дозировок опасных препаратов. Если в конкретном материале критерий достоверности (t) больше трех или четырех, то это значит, что достоверность вычисленных параметров высоковероятна.

В научной литературе иногда выражают показатель вероятности в величинах значимости P , которая отмечает уровень риска и ошибочности вывода. Следовательно, при $P \geq 0,95$ величина значимости $P \leq 0,05$, что соответствует значимости риска и ошибочности вывода. При $P \geq 0,99$, значимость меньше или равна $\leq 0,01$, при $P \geq 0,999$, значимость меньше или равна $\leq 0,001$.

Критерий достоверности для средней арифметической настрига шерсти у овец будет следующий: $t_{\bar{x}} = \frac{\bar{X}}{m_{\bar{x}}} = \frac{5,03}{0,17} = 29,6$.

При таком критерии достоверности ($t_{\bar{x}} = 29,6$) варианты генеральной совокупности средней арифметической будут находиться в пределах: $\tilde{X} = \bar{X} \pm t_{\bar{x}} \cdot m_{\bar{x}}$, где \tilde{X} – средняя арифметическая генеральной совокупности; \bar{X} – средняя арифметическая выборки; $m_{\bar{x}}$ – ошибка средней арифметической выборки; $t_{\bar{x}}$ – критерий достоверности средней арифметической, стандартный.

При использовании первого порога достоверности генеральный параметр будет находиться в пределах от $+t \cdot m$ до $-t \cdot m$, т.е. от $+1,96 \cdot m$ до $-1,96 \cdot m$. Эти границы возможного нахождения генерального параметра называются доверительными границами (или границами доверительного интервала). Для упрощения расчетов можно провести округление: $t = 1,96 \approx 2,0$.

В нашем примере доверительные границы при первом уровне стандартной достоверности средней арифметической для настрига шерсти у овец будут следующие:

$$\text{верхняя граница } \tilde{X} = \bar{X} + t \cdot m = 5,03 + 2,0 \cdot 0,17 = 5,37 \text{ кг,}$$

$$\text{нижняя граница } \tilde{X} = \bar{X} - t \cdot m = 5,03 - 2,0 \cdot 0,17 = 4,69 \text{ кг.}$$

Таким образом, для выборочной средней настриг шерсти равен 5,03 кг, а настриг в генеральной совокупности находится в границах 4,69-5,37 кг, что можно утверждать с вероятностью 0,95 или 95 %. Фактическая величина ($t_{\bar{x}} = 29,6$) критерия для средней арифметической настрига шерсти у овец оказалась значительно выше первого порога стандартного значения достоверности ($t \approx 2,0$). Следовательно, полученная средняя арифметическая имеет очень высокую достоверность.

Если вычисленное значение $t_{\bar{x}}$ будет меньше 1,96 (при самом низком уровне вероятности), то выборочный параметр (средняя арифметическая) недостоверен, т.е. он не может служить характеристикой генеральной совокупности, и в этом случае полученные в опыте данные не имеют ценности, так как выводы не могут быть распространены на генеральную совокупность, изучение которой служит основной целью опыта, построенного на выборочном методе. Чаще всего недостоверность средней

есть следствие недостаточного объема выборки, т.е. слишком мало число наблюдений. В таких случаях необходимо увеличить число животных в выборке и заново ставить опыт.

Оценка достоверности разности между средними величинами двух выборок. Во многих исследованиях возникает необходимость сравнить средние арифметические двух групп животных. Средние двух сравниваемых групп всегда в некоторой степени отличаются друг от друга. Поэтому необходимо установить, достоверна ли разность между средними.

При решении задач определяют разность (d) между двумя средними арифметическими $d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$, а также среднюю ошибку разности (m_d) $m_d = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$, где \bar{X}_1 – большая величина из двух средних арифметических; \bar{X}_2 – меньшая величина из двух средних арифметических; m_1, m_2 – квадраты ошибок средней арифметической по каждой выборке.

Критерий достоверности разности между средними величинами двух групп определяют по формуле: $t_d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$.

Данную формулу используют в тех случаях, когда сопоставляемые выборки между собой не коррелированы. Примером таких выборок будут группы опыта, составленные из неродственных друг другу животных-аналогов.

В зависимости от того, какой вопрос решается статистическим методом с использованием выборочной совокупности, требование к порогу (уровню) достоверности выбирается различное.

Уровень достоверности	Характер изучаемого вопроса
$Ne < t = 1,96 \quad P = 0,95$	Биологические вопросы, научно-хозяйственные опыты, поисковые эксперименты
$Ne < t = 2,58 \quad P = 0,99$	Вопросы экономического и производственного характера, по которым будут даны рекомендации
$Ne < t = 3,29 \quad P = 0,999$	Изучение действия опасных для жизни препаратов и заключение о дозах безвредности

Для генетических и селекционных целей используют два первых порога достоверности. Высокий критерий достоверности (вероятности $P = 0,999$) необходимо применять при работе с опасными веществами (дозы яда, облучения и т.д.).

Величина критерия достоверности тесно связана с величиной вероятности (P). Понятие «значимость» является как бы обратным по смыслу понятию «вероятность». Так, если мы говорим, что полученная средняя арифметическая или разность между средними арифметическими двух выборок достоверна на уровне вероятности $P = 0,99$ (или 99 %), то это в то же время соответствует уровню значимости $P = 0,01$ (или 1 %). Уровень значимости показывает, что нахождение генерального параметра за пределами данных границ доверительного интервала может иметь место в результате случайности с вероятностью 0,01 (или 1 %), а с вероятностью 0,99

(или 99 %) утверждается, что он находится в принятых границах доверительного интервала. Использование уровня значимости удобно в том смысле, что он показывает – процент ошибочных случаев. Так, значимость 0,05 указывает на то, что в результате случайности ошибка в выводах будет наблюдаться в 5 % случаев.

Например, необходимо установить достоверность разности между средней живой массой коров черно-пестрой (\bar{X}_1) и красной степной породы (\bar{X}_2), если $\bar{X}_1=580$ кг, $m=\pm 2,12$ кг, $n=55$ гол.; $\bar{X}_2=600$ кг, $m=\pm 1,63$, $n=72$ гол. Установить достоверность разности между средними показателями живой массы коров в этих группах:

$$t_d = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} = \frac{600 - 580}{\sqrt{2,12^2 + 1,63^2}} = \frac{20}{\sqrt{7,151}} \frac{20}{2,67} = 7,5.$$

Критерий достоверности зависит от числа наблюдений в выборке. Для устранения влияния числа наблюдений на величину критерия достоверности с учетом числа степеней свободы (ν) для трех уровней вероятности используют таблицу Стьюдента (табл. 5).

Таблица 5 – Стандартные значения критерия достоверности (по Стьюденту) при трех уровнях вероятности

Число степеней свободы, ν	Уровень вероятности, P			Число степеней свободы, ν	Уровень вероятности, P		
	0,95	0,99	0,999		0,95	0,99	0,999
1	12,71	63,66	637,00	21	2,08	2,83	2,82
2	4,30	9,93	31,60	22	2,07	2,82	3,79
3	3,18	5,84	12,94	23	2,07	2,81	3,77
4	2,78	4,60	8,61	24	2,06	2,80	3,75
5	2,57	4,03	6,86	25	2,06	2,76	3,73
6	2,45	3,71	5,96	26	2,06	2,78	3,71
7	2,37	3,50	5,41	27	2,05	2,77	3,69
8	2,31	3,36	5,04	28	2,05	2,76	3,67
9	2,26	3,25	4,78	29	2,05	2,76	3,66
10	2,23	3,17	4,59	30	2,04	2,75	3,65
11	2,20	3,11	4,44	35	2,03	2,72	3,59
12	2,18	3,06	4,32	40	2,02	2,70	3,55
13	2,16	3,01	4,22	45	2,01	2,69	3,52
14	2,15	2,98	4,14	50	2,01	2,68	3,50
15	2,13	2,95	4,07	60	2,00	2,66	3,46
16	2,12	2,92	4,02	70	1,99	2,65	3,43
17	2,11	2,90	3,97	80	1,99	2,64	3,42
18	2,10	2,88	3,92	90	1,98	2,63	3,40
19	2,09	2,86	3,88	100	1,98	2,62	3,37
20	2,09	2,85	3,85	120 и выше	1,96	2,56	3,29

Число степеней свободы – это число наблюдений, уменьшенное на число ограничений ($n-1$, n_1+n_2-2 и т.д.). В примере с установлением

достоверности разности между живой массой коров двух групп число степеней свободы будет следующее: $v = n_1 + n_2 - 2 = 55 + 72 - 2 = 125$.

По данным таблицы Стьюдента находим стандартные значения критерия достоверности (t_{st}) с учетом числа степеней свободы $v = 125$, которые при уровне вероятности $P=0,95$ составляют $t_d=1,96$, при $P=0,99$ – $t_d=2,56$ и при $P=0,999$ – $t_d= 3,29$. При сравнении фактически полученного в нашем примере значения критерия достоверности ($t_d=7,5$) со стандартным значением ($t_{st}=3,29$) видно, что $t_d > t_{st}$ для третьего уровня вероятности. Это указывает, что разность по живой массе двух групп коров статистически достоверна при $P > 0,999$ (или $P < 0,001$).

Таблица Стьюдента пригодна при определении критерия достоверности для средних арифметических, достоверности разности, коэффициентов корреляции.

Контрольные вопросы.

1. Что такое генеральная совокупность и выборка?
2. Что такое вариационный ряд и как его построить?
3. Что такое вариационная статистика?
4. Какие признаки называются количественными и качественными?
5. Какими могут быть выборки по количественному составу?
6. Что такое вариант и как обозначается?
7. Как определить величину классового промежутка, назовите формулу.
8. Как определить границы классов?
9. Назовите основные свойства средней арифметической.
10. Методы вычисления средней арифметической.
11. Закономерности вариационного ряда.
12. Как определить величину условной средней и поправку к ней?
13. Для каких целей используется показатель сигмы, что он показывает и в каких единицах измеряется?
14. Что есть коэффициент вариации, в каких случаях он применяется?
15. Какие бывают уровни коэффициента вариации, их характеристика?
16. Что характеризует средняя арифметическая и как она определяется в многочисленных выборках?
17. Возможно ли определить максимальное и минимальное значение изучаемого признака, если известна величина средней арифметической и среднего квадратического отклонения.
18. Какие показатели характеризуют разнообразие признаков?
19. Как вычисляется среднее квадратическое отклонение в малых и больших выборках?
20. По какой формуле вычисляется \bar{X} , D и D^2 в малочисленных выборках?
21. Какова формула для определения δ и CV в малочисленных выборках?
22. Что такое средняя взвешенная? В каких случаях она применяется и как ее вычислить?
23. Что показывает нормированное отклонение и когда используется?
24. Что такое ошибка средней арифметической?

25. От каких величин зависит ошибка средней арифметической и по каким формулам она вычисляется в многочисленных и малочисленных выборках?
26. По какой формуле вычисляется критерий достоверности выборочных показателей?
27. Что означает уровень вероятности или значимости?
28. Для каких целей вычисляют критерий достоверности разности между средними величинами двух выборок?

Задания.

I. Составить вариационный ряд и вычислить \bar{X} , δ , Cv при $n \geq 30$.

1. По живой массе молодняка свиней, кг:

35 43 32 49 46 54 46 43 47 52 50 45 47 58 51 61
52 44 46 48 49 43 44 48 42 54 47 52 56 41 44 51

2. По массе парной туши свиней, кг:

56,0 65,3 64,3 66,2 66,4 64,0 65,7 65,1 66,5 65,6 65,9
62,4 65,0 60,0 62,2 65,7 66,2 68,8 66,7 67,0 65,0 64,2
62,0 61,8 66,9 64,5 65,3 59,3 62,6 66,9

3. По живой массе коров, кг:

500 350 495 480 440 420 430 465 485 450 590 530 500 480
545 565 485 455 450 470 435 400 490 460 515 480 595 470
490 475 440 500

4. По времени наступления овуляции у коров (в часах до начала охоты):

12 25 28 35 38 21 15 30 32 30 32 39 20 30 27 33 27
13 26 26 31 40 19 26 28 40 21 20 27 30 46 18 17 23
35 50 26 25 30 31 37 20

5. По суточному удою коров, кг:

24,9 23,8 30,2 25,3 19,9 11,8 12,3 17,0 21,4 24,8 16,7
24,5 25,4 16,5 25,0 13,9 23,4 22,5 22,9 22,7 19,1 19,6
27,3 23,7 14,1 20,6 25,7 23,0 14,0 19,7 23,5 28,4

6. По живой массе коров, кг:

512 472 489 482 468 479 515 451 475 402 475 467
458 534 433 528 452 380 465 485 458 413 428 447
412 560 542 468 502 487

7. По суточному удою коров, кг:

31,2 23,9 27,0 20,9 25,9 27,8 14,5 27,6 23,8 25,7 26,4
15,6 20,1 24,9 21,8 22,6 26,3 15,2 23,4 24,8 23,4 24,9
23,4 16,0 23,0 24,3 19,0 15,5 21,6 14,3 20,1 21,4 15,7
21,1 20,4 22,8 29,0

8. По удоям за лактацию у коров, кг:

3900 3000 3700 3300 3480 2820 5670 3470 3480 5680
3200 4460 3720 5420 4700 4620 3460 5120 5140 3470
3400 3860 5310 3920 3200 3200 4220 4280 3280 3150

4060 2990

9. По живой массе телят при рождении, кг:

20 45 48 26 48 28 45 44 28 50 49 44 23 35 38

31 29 33 42 30 23 48 32 46 44 43 48 27 29 31

34 26

10. По живой массе кур, кг:

2,1 2,0 2,4 2,2 2,2 1,7 2,0 1,8 2,5 1,9 2,3 2,0 2,0 1,9

2,0 2,2 2,1 2,3 2,2 2,9 1,8 1,9 1,9 1,9 2,0 2,1 1,7 2,0

2,0 2,1 2,1 2,3 2,3 2,1 2,5 2,3 2,2 2,0

11. По яйценоскости кур, шт:

225 193 271 208 201 212 189 200 256 183 207 200

213 179 200 203 221 230 234 212 171 175 180 210

190 190 191 201 200 210

12. По живой массе ягнят при рождении, кг:

3,0 4,5 3,0 3,5 4,2 4,6 3,0 7,6 6,5 3,0 3,2 5,4 6,5 6,5

4,2 3,5 3,5 4,0 4,7 5,6 3,1 4,2 3,5 4,8 4,9 3,6 5,8 6,9

7,1 5,4 5,3 4,9

13. По длине шерсти овец, см:

8,5 8,0 12,5 6,0 13,0 8,5 11,0 10,0 8,5 10,0 9,0 12,0

10,0 9,0 10,5 7,0 12,5 9,0 10,0 11,0 6,5 6,0 9,5 10,5

11,5 11,5 7,5 10,0 10,5 12,0

14. По живой массе ягнят при отбивке в 4 мес возрасте, кг:

28 25 25 29 28 34 30 30 27 26 29 33 26 31 37

27 36 38 37 29 38 33 32 27 38 30 40 34 30 29

15. По толщине шпика ремонтных свинок, см:

3,2 3,8 2,4 3,2 3,0 3,3 3,7 2,9 3,0 3,3 3,1 3,4 3,5 3,8

3,8 2,8 3,6 3,1 3,2 3,5 3,7 3,0 3,1 3,4 3,8 2,5 3,5 3,2

3,5 3,3

16. По содержанию белка в мясе, %:

22,0 17,0 25,6 20,7 17,3 21,1 20,2 23,2 21,4 18,8 20,8

20,4 22,8 20,2 23,4 19,6 20,6 21,4 21,5 23,8 19,2 20,9

21,0 24,1 24,2 22,4 22,1 18,4 18,1 22,5

17. По количеству жира в молоке, %

4,3 4,8 5,2 4,4 4,7 3,9 4,6 5,0 3,7 4,7 3,8 4,4 4,3 3,8

4,5 4,0 4,3 4,6 4,0 3,6 4,7 3,8 4,1 4,3 4,4 4,5 4,0 4,4

18. По длине туловища хряков крупной белой породы, см:

171 152 164 173 166 172 183 170 171 170 167 170

180 183 181 160 169 170 163 164 170 176 169 163

159 173 176 163 174 167

19. По среднесуточному приросту живой массы ремонтных свинок, г:

593 430 520 600 607 550 555 527 529 575 533 507

484 462 541 521 480 476 442 509 560 516 549 447

471 523 542 487 457 554

20. По живой массе свиней, кг:

188 196 214 222 194 190 176 188 199 214 210 218

207 200 179 194 195 201 200 211 199 187 171 184
194 188 209 214 215 193

21. По глубине груди быков симментальской породы, см:

68 62 68 58 64 72 66 58 77 72 78 76 66 73 81
90 72 76 73 66 79 71 73 67 69 68 75 69 69 70

22. По выходу мяса в туше свиней, %:

62,5 63,1 56,0 61,6 57,4 58,3 55,4 70,0 55,5 60,5 51,2
58,3 54,5 61,7 49,7 51,2 52,2 54,5 61,0 52,0 56,4 54,1
58,9 58,0 60,1 65,8 54,5 62,5 62,6 62,0 57,6 53,5

23. По плодовитости свиноматок, гол:

4 6 12 11 6 10 10 10 5 11 10 6 11 10 5 10 9
8 9 8 6 10 9 10 9 9 7 8 9 6 9 10

24. По количеству гемоглобина в 1 мм³ крови, г%:

13,8 13,0 9,2 12,0 11,6 9,0 10,0 9,2 13,6 12,6 12,3 10,2
10,0 9,6 11,4 13,7 12,8 9,2 10,5 12,0 12,9 13,2 13,4 9,6
9,8 9,4 10,1 10,3 9,8 9,7

II. Вычислить \bar{X} , δ , S_v методом малой выборки при $n < 30$:

1. По настригу шерсти овец, кг:

4,8 3,2 6,7 4,4 4,6 4,7 4,4 5,3 5,4 6,1

2. По живой массе бычков, кг:

280 210 240 320 260 220 250 200 280 270

3. По длине шерсти овец, см:

6,5 10,0 10,5 9,5 9,5 10,5 8,0 7,0 7,5 10,5 10,0 8,5 9,5 8,0 10,0

4. По суточному удою коров, кг:

24,9 16,7 19,1 23,5 23,8 24,5 19,6 28,4 30,2 25,4

5. По живой массе коров, кг:

512 534 542 472 433 468 489 528 502 482

6. По живой массе ярок при отбивке, кг:

21 20 19 20 17 16 17 19 17 21 22 19 18 20 18

7. По содержанию жира в молоке коров, %

5,2 4,6 3,5 4,4 4,6 4,4 4,0 4,8 3,6 3,9

8. По настригу шерсти баранов, кг:

4,4 5,9 6,0 7,3 6,6 8,8 6,6 7,0 8,3 5,8

9. По живой массе молодняка свиней в возрасте 4 мес, кг:

35 47 51 48 53 51 52 42 32 51 44 54 49 45 47

10. По суточному удою коров, кг:

18,6 14,0 19,3 22,4 16,7 20,8 24,6 22,8 20,4 22,1

11. По живой массе молодняка свиней породы ландрас в возрасте 4 мес, кг:

52 44 46 48 39 43 48 42 51 47

12. По живой массе коров, кг:

520 502 380 465 412 433 412 433 412 532 470 482

13. По длине шерсти ярок кавказской породы, см:

8,0 9,0 8,5 8,5 11,0 10,0 9,5 11,0 7,5 11,5

14. По удою молока за лактацию коров степной породы, кг:
3500 3900 3400 4500 4100 3400 4700 3800 4100 3600
15. По обхвату груди кобыл русской рысистой породы, см:
170 178 172 182 167 178 175 182 172 184
16. По плодовитости кроликов, гол:
6 8 7 3 9 10 7 8 6 6 4 5 7 8 6
17. По годовой яйценоскости кур, шт:
220 210 220 190 180 190 210 200 200 270
18. По содержанию белка в молоке коров, %:
3,1 3,0 3,2 3,3 3,2 3,6 3,0 3,3 3,1 3,4 3,4 3,5 3,4 3,2
19. По содержанию жира в молоке, %:
4,0 3,9 4,2 4,0 4,1 4,0 3,8 3,9 3,6 3,7 4,0 4,0 4,5 4,2
20. По числу эритроцитов в крови, млн:
5,8 6,2 7,7 8,3 7,4 8,0 6,0 7,2 9,8 8,6
21. По настригу чистой шерсти баранов производителей, кг:
9,5 8,3 9,8 8,9 4,5 6,8 6,2 7,7 6,9 8,5 12,4 7,0
22. По площади «мышечного глазка» свиней, см²:
21,2 25,0 32,4 24,5 31,3 32,4 23,9 26,0 27,0 24,7
23. По среднесуточному приросту живой массы ремонтных свинок, г:
750 680 630 640 580 620 710 650 550 700
24. По содержанию лизина в молоке коров, мг:
2,5 3,9 3,8 3,5 3,8 2,6 2,4 2,9 3,6 3,0

III. Вычислить $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \delta_1, \delta_2, CV_1, CV_2, m_1, m_2, t_d$ и сделать вывод о достоверности разности между сравниваемыми группами.

1. По живой массе коров швицкой и черно-пестрой пород, кг:

Швицкая:	520	507	559	527	505	510	541	520	521	535	493
	500	507	515	497	511	535	501	481	514	542	481
	517	538	485	504	505	522	536	520			
Черно-пестрая:	436	487	515	531	475	512	462	545	479	509	490
	538	507	531	480	509	529	530	470	500	501	531
	498	518	527	493	510	472	515	523	469		

2. По содержанию жира в молоке коров красной степной породы и симментальской, %:

Красная степная:	4,02	4,01	4,01	3,83	3,96	4,05	4,12	4,01
	4,31	4,05	4,27	4,11	4,18	4,01	4,03	4,13
	4,21	4,03	3,98	4,25	4,04	4,12		
Симментальская:	4,01	4,28	4,21	4,20	4,05	4,03	4,40	4,12
	4,12	4,03	4,02	4,26	4,10	4,15	3,95	4,12
	4,50	4,05	4,13	4,05	4,51	4,02	4,51	4,01
	4,25	3,92	4,12	4,02	4,15	4,15		

3. По удою молока за лактацию у коров швицкой породы, содержащихся на разных рационах кормления, кг:

1 группа:	3002	3590	4000	5100	3009	2900	3592	5505	5000
	4400	4506	3690	4505	5250	2350	3760	4000	2800

	4150	2350	4521	4200	2500	4605	3692	2250	3800	
	3350	4251	4110							
2 группа:	3780	3508	4006	3900	3890	5450	5670	3400	5800	3850
	4750	3950	5250	4300	5350	3250	5532	3509	5500	3852
	3410	3509	4500	3560	5100	4420	5000	3607	4903	6500
	5005	4350								

4. По живой массе свиней между опытной и контрольной группой, кг:

опытная:	230	215	232	205	185	190	215	216	150	225
	200	230	230	180	210	220	205	190	210	215
	220	190	153	230	170	230	250	240	150	210
контрольная:	117	137	144	129	130	150	132	146	115	118
	135	139	138	140	160	116	144	124	133	131
	146	119	117	135	128	123	132	124	133	132

5. Корреляция – показатель связи между признаками

Явление связи между различными признаками широко распространено в природе. По своим особенностям связь может быть подразделена на функциональную и коррелятивную.

Для функциональной связи характерно то, что при изменении одного показателя на определенную величину другой, с ним сопряженный показатель принимает всегда одно определенное значение. Например, на явлении функциональной связи между температурой окружающей среды и расширением твердых, жидких и газообразных тел основано изготовление приборов измеряющих температуру, так как увеличение температуры окружающей среды на один градус сопровождается вполне определенным коэффициентом расширения тел.

Коррелятивные связи типичны для объектов и процессов, происходящих в живой природе. При этом если один признак изменяется на какую-то определенную величину, то другой может принимать различные значения.

Например, изменение питательности рациона на одну кормовую единицу по разному изменит уровень удоя коров данной группы: у одних животных будет более высокая прибавка удоя, у других меньшая, а некоторые могут реагировать на это снижением удоя, или сохранить его без изменения.

Корреляционная связь наблюдается не только между количественными признаками, но и между качественными. Например, известна связь между типом конституции романовских овец и их шубными качествами.

Связь между признаками позволяет осуществлять косвенную селекцию, когда отбор по одному из коррелирующих признаков будет приводить косвенно, на основе сопряженности, к отбору животных и по другому признаку. Например, отбирая коров с более высоким процентом жира в молоке, тем самым выделяют животных имеющих в среднем более высокое содержание белка в молоке.

Корреляцией называется взаимосвязь между признаками в организме или особями одного пола и вида. Коэффициент корреляции r – основной биометрический показатель, позволяющий определить величину связи между двумя, тремя и большим числом признаков. Величина этого коэффициента имеет дробное значение в пределах от 0 до ± 1 . Чем ближе показатель к единице, тем больше связь между коррелирующими признаками. По форме корреляция может быть прямолинейной и криволинейной, по направлению – положительной (прямой) и отрицательной (обратной), на что указывает знак «плюс» или «минус».

Прямой называется такая корреляция, когда с увеличением одного признака увеличивается и другой. Например, с увеличением обхвата груди у животного увеличивается его живая масса. Обратной называется такая корреляция, когда с увеличением одного признака другой уменьшается. Например, с увеличением удоя молока процент жира в нем снижается.

Приняты три степени корреляции: $r=0,1-0,3$ – связь слабая; $0,4-0,6$ – средняя; $0,7-1,0$ – высокая. Примеры положительной и отрицательной корреляции между различными признаками у разных видов животных приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Корреляция между некоторыми признаками крупного рогатого скота, свиней, овец

Коррелирующие признаки	Коэффициент корреляции
Крупный рогатый скот:	
молочный	
Удой – % жира	от -0,001 до -0,376
Удой – % белка	от -0,10 до -0,36
Удой – количество молочного жира	0,88-0,98
Удой – живая масса	0,02-0,65
Удой – обхват вымени	0,43-0,72
мясной	
Масса при рождении – прирост живой массы до отъема	0,46-0,50
Среднесуточный прирост – конечная масса	0,77-0,80
Масса телят при отъеме – молочность матерей	0,70-0,80
Свиньи:	
Средняя масса поросят при рождении – средняя масса поросят при отъеме	0,54-0,90
Количество поросят при отъеме – масса поросят при отъеме	0,82-0,90
Овцы:	
Густота шерсти – настриг шерсти	0,12-0,53
Масса невытой шерсти – масса шерсти	0,81-0,93
Длина шерсти – настриг шерсти	0,20-0,31
Густота шерсти – длина шерсти	от -0,12 до -0,26

Свойства коэффициента корреляции.

1. Если точки в корреляционной решетке расположены по диагонали идущей с верхнего левого угла в нижний правый, тогда корреляция будет прямая или положительная.
2. Если точки в решетке располагаются по диагонали идущей с верхнего угла в нижний левый, то корреляция обратная или отрицательная.
3. Если точки разбросаны по решетке, то корреляцию устанавливают используя формулу.
4. Коэффициент корреляции выявляет величину и направление связи лишь тогда, когда связь между признаками близка к прямолинейной.
5. Для измерения криволинейного типа связи этот коэффициент непригоден: он или совсем не может ее выявить или дает уменьшенную величину.

Например, при криволинейной связи, характеризующей связь удоя с месяцем лактации, когда последний показатель увеличивается, а удой в некоторый период лактации увеличивается, а затем уменьшается

(криволинейность типа параболы), коэффициентом корреляции пользоваться нельзя. Поэтому, прежде чем вычислить коэффициент корреляции, необходимо установить, какой тип связи может быть между коррелируемыми признаками: близкий к прямолинейному или сильно выраженный криволинейный. Это достигается путем анализа литературных данных или предположения, основывающегося на знании биологических особенностей признаков и взаимосвязей между ними.

По степени частоты или рассеяния частот, по клеткам решетки можно также судить заранее о том, будет ли величина « r » большой, средней или малой (рис.1). Если частоты образуют узкий эллипс, то связь будет высокой. При более широком эллипсоидном распределении частот по диагоналям – связь близка к средней, при размещении частот по большинству клеток решетки, связь или очень мала или отсутствует. При распределении частот не в форме эллипса, а серповидно – можно предполагать, что связь криволинейна.

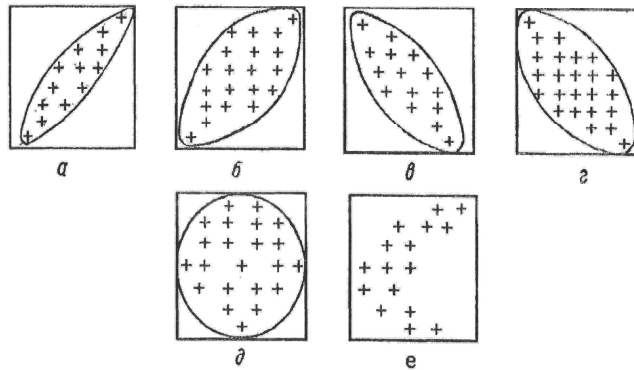


Рисунок 1. Распределение частот в корреляционной решетке при различной степени и направлении связи между признаками:

- а) r – высокая степень со знаком минус;
- б) r – средняя степень со знаком минус;
- в) r – высокая степень со знаком плюс;
- г) r – средняя степень со знаком плюс;
- д) r – ≈ 0 ;
- е) r – криволинейная связь.

Для вычисления коэффициента корреляции в малых и больших выборках существует несколько рабочих формул, которые дают одинаковый конечный результат. Поэтому использование той или иной рабочей формулы чаще всего связано с удобствами вычисления.

Коэффициент корреляции в малых выборках широко применяют при определении связи между признаками у родственных групп животных для решения вопросов связанных с выявлением закономерностей наследования и наследственности.

Наиболее удобны для вычисления коэффициента фенотипической корреляции в малых выборках следующие формулы:

$$r = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{C_x \cdot C_y}}, \quad r = \frac{C_x + C_y - C_d}{2 \cdot \sqrt{C_x \cdot C_y}}$$

где n – число наблюдений в выборке; x и y – значение вариант первого и второго признака; C – сумма квадратов центральных отклонений вычисляемая по формуле:

$$C_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}, \quad C_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}, \quad C_d = \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}$$

Техника вычисления коэффициента корреляции на примере взаимосвязи между возрастом и плодовитостью у свиноматок по данным малой выборки ($n=10$) приводится в табл.7.

Таблица 7 – Вычисление коэффициента корреляции между возрастом свиноматок и числом поросят в помете

№ п/п	Возраст, x	Количество поросят, y	$x \cdot y$	x^2	y^2	$d=x-y$	d^2
1	2	9	18	4	81	-7	49
2	1	7	7	1	49	-6	36
3	5	11	55	25	121	-6	36
4	7	10	70	49	100	-3	9
5	3	11	33	9	121	-8	64
6	2	8	16	4	64	-6	36
7	6	11	66	36	121	-5	25
8	1	6	6	1	36	-5	25
9	4	12	48	16	144	-8	64
10	3	14	42	9	196	-11	121
	$\sum x=34$	$\sum y=99$	$\sum x \cdot y=361$	$\sum x^2=154$	$\sum y^2=1033$	$d=-65$	$\sum d^2=465$

В рассматриваемом примере возраст свиноматок выражен порядковым номером опороса, плодовитость — количеством поросят в помете.

Числа каждого столбца суммируют. Полученные суммы позволяют вычислить величины C_x , C_y , C_d :

$$C_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 154 - \frac{34^2}{10} = 154 - \frac{1156}{10} = 154 - 115,6 = 38,4$$

$$C_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 1033 - \frac{99^2}{10} = 1033 - \frac{9801}{10} = 1033 - 980,10 = 52,9$$

$$C_d = \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n} = 465 - \frac{65^2}{10} = 465 - \frac{4225}{10} = 465 - 422,5 = 42,5$$

Соответствующие цифровые значения подставляем в первую формулу:

$$r = \frac{\sum \delta \cdot \delta - \frac{\sum \delta \cdot \sum \delta}{n}}{\sqrt{\tilde{N}_\delta \cdot \tilde{N}_\delta}} = \frac{361 - \frac{34 \cdot 99}{10}}{\sqrt{38,4 \cdot 52,9}} = \frac{361 - 336,5}{45,07} = +0,54,$$

По второй формуле должны получить тот же результат:

$$r = \frac{C_x + C_y - C_d}{2 \cdot \sqrt{C_x \cdot C_y}} = \frac{38,4 + 52,9 - 42,5}{2 \sqrt{38,4 \cdot 52,9}} = \frac{48,8}{80,12} = +0,54$$

Вывод: полученный коэффициент показывает, что корреляция по форме прямолинейная, по направлению – положительная, по степени – средняя взаимосвязь между возрастом свиноматок и количеством поросят в помете.

Коэффициент корреляции в многочисленных выборках ($n > 30$) может быть определен как с помощью корреляционной решетки, так и по формуле.

Для того чтобы построить корреляционную решетку, необходимо иметь показатели по двум признакам не менее чем у 30 животных. Например, установим величину и характер корреляции между живой массой и обхватом груди у коров по следующим данным (табл.8).

Для этого необходимо:

1. Обозначить через x – живую массу, через y – обхват груд, найти min и max значения вариант по 2 признакам: $min Vy=167$ см, $max Vy=192$ см, $min Vx=360$ кг, $max Vx=545$ кг.

2. Найти классовый промежуток по формуле:

$$K = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\text{кол - во классов}}$$

$$K_y = \frac{192 - 167}{8} \approx 3 \text{ см} \quad K_x = \frac{545 - 360}{8} \approx 23 \text{ кг}$$

3. Начертить корреляционную решетку (табл. 9), состоящую из 9 взаимопересекающихся вертикальных и горизонтальных граф.

Таблица 8 – Живая масса и обхват груди коров

n	Живая масса, кг (x)	Обхват груди, см (y)	n	Живая масса, кг (x)	Обхват груди, см (y)	n	Живая масса, кг (x)	Обхват груди, см (y)
1	450	180	11	434	180	21	445	177
2	450	181	12	519	192	22	429	176
3	387	171	13	488	187	23	425	176
4	374	171	14	441	178	24	457	182
5	360	167	15	456	180	25	493	185
6	454	184	16	400	173	26	384	173
7	468	186	17	420	178	27	488	182
8	454	184	18	403	172	28	500	190
9	441	178	19	390	170	29	432	178
10	545	191	20	442	179	30	475	185

Таблица 9 – Корреляционная решетка

x \ y	360-382	383-405	406-428	429-451	452-474	475-497	498-520	521-545
167-196	•							
170-172	•	• • •						
173-175		• •						
176-178			• •	—• • •				
179-181				• • • •	•			
182-184					• • •	•		
185-187					•	• • •		
188-192							• •	•

4. Составить границы классов по каждому признаку, используя классовый промежуток.

5. Разнести животных в виде точек по корреляционной решетке, учитывая одновременно два признака.

Вывод по корреляционной решетке: точки в корреляционной решетке расположены ближе к диагонали идущей с верхнего левого угла в нижний правый. Это означает, что корреляция между массой и обхватом груди у коров по форме прямолинейная, по направлению – положительная, по степени – высокая.

При вычислении коэффициента фенотипической корреляции для больших выборок ($n > 30$) чаще всего используют следующую формулу:

$$r = \frac{\sum f \cdot a_x \cdot a_y - b_x \cdot b_y \cdot n}{\delta_x \cdot \delta_y \cdot n},$$

где a_x и a_y – отклонения от модального класса по признакам x и y ; f – частоты в корреляционной решетке; n – количество особей; b – поправка к условной средней; δ – сигма вычисляется без учета классового промежутка.

Обработку материала начинают с определения классов и их границ для построения вариационного ряда отдельно для каждого признака, затем составляют корреляционную решетку (табл. 10).

В верхнюю строку решетки вписывают классы живой массы (x), а по вертикали – обхват груди (y). Разносят данные 30 коров в корреляционную решетку одновременно по обоим признакам. Закончив разноску, подсчитывают в ячейках корреляционной решетки частоты (f) с

обозначением их соответствующими цифрами которые суммируют и заполняют графы f_x и f_y . После чего выбирают условные средние классы по живой массе ($A_x=429-451$ кг) и обхвату груди ($A_y=176-178$ см), отделяя их жирными линиями. В решетке образуется четыре квадранта (квадрант-четвертая часть от поделенной плоскости двумя взаимно перпендикулярными прямыми), которые принято обозначать римскими цифрами: I – левый верхний, II – правый верхний, III – левый нижний, IV – правый нижний. Затем записываем ряд условных отклонений, a_x и a_y , находят ряды произведений $f_x \cdot a_x$, $f_y \cdot a_y$, $f_x \cdot a_x^2$, $f_y \cdot a_y^2$ и их суммы. Чтобы вычислить коэффициент корреляции, необходимо найти значение $\sum f \cdot a_x \cdot a_y$ (f – число особей в одной клетке решетки), которое получают путем умножения частоты f на оба условных отклонения a_x и a_y ($f \cdot a_x \cdot a_y$), соответствующих каждому классу по признакам x и y . При этом следует помнить, что частоты (2, 5, 4), ограниченные нулевыми классами, не учитывают. После получения результатов по каждому квадранту проводят суммирование их с целью получения $\sum f \cdot a_x \cdot a_y$ для всей корреляционной решетки.

Общая сумма всех четырех квадрантов: $\sum f \cdot a_x \cdot a_y = 31 + 0 + 0 + 72 = 103$.

Для расчета коэффициента корреляции необходимо вычислить для каждого вариационного ряда « b » (поправка к условной средней) и « δ » (сигму вычисляют без учета классового промежутка):

$$b_x = \frac{\sum f_x \cdot a_x}{n} = \frac{5}{30} = 0,17 \qquad b_y = \frac{\sum f_y \cdot a_y}{n} = \frac{24}{30} = 0,8$$

$$\delta_x = \pm \sqrt{\frac{\sum f_x \cdot a_x^2}{n} - b_x^2} = \pm \sqrt{\frac{95}{30} - 0,17^2} = \pm 3,14 \text{ см}$$

$$\delta_y = \pm \sqrt{\frac{\sum f_y \cdot a_y^2}{n} - b_y^2} = \pm \sqrt{\frac{132}{30} - 0,8^2} = \pm 1,94 \text{ см}$$

Подставим полученные данные в формулу вычисления коэффициента корреляции:

$$r = \frac{\sum f \cdot a_x \cdot a_y - b_x \cdot b_y \cdot n}{\delta_x \cdot \delta_y \cdot n} = \frac{103 - 0,17 \cdot 0,8 \cdot 30}{3,14 \cdot 1,94 \cdot 30} = +0,54$$

Вывод: корреляция между обхватом груди и живой массой коров по форме прямолинейная, по направлению – положительная, а по степени – средняя при $r=+0,54$. Отбирая при бонитировке животных с большим обхватом груди, произвольно можно повысить их живую массу.

Таблица 10 – Определение взаимосвязи живой массы (x) и обхвата груди за лопатками (y) коров с помощью корреляционной решетки

x \ y	360-382	383-405	406-428	429-451(Ax)	452-474	475-497	498-520	521-545	f _y	a _y	f _y ·a _y	f _y ·a _y ²
167-169	1 ⁹	I квадрант					II квадрант		1	-3	-3	9
170-172	1 ⁶	3 ⁴ • • •							4	-2	-8	16
173-175		2 ² ••							2	-1	-2	2
176-178(Ay)			2 ••	5 —•• • •					7	0	0	0
179-181				4 •• • •	1 ¹ •				5	+1	5	5
182-184		III квадрант			3 ² • • •	1 ⁴ •	IV квадрант		4	+2	8	16
185-187					1 ³ •	3 ⁶ •• •			4	+3	12	36
188-192							2 ¹² • •	1 ¹⁶ •	3	+4	12	48
f _x	2	5	2	9	5	4	2	1	30	-	∑f _y ·a _y	∑f _y ·a _y ²
a _x	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	-	-	= 24	= 132
f _x ·a _x	-6	-10	-2	0	5	8	6	4	∑f _x ·a _x	-	-	-
f _x ·a _x ²	18	20	2	0	5	16	18	16	∑f _x ·a _x ²	-	-	-
									= 95			

Вычисления:

I квадрант	II квадрант	III квадрант	IV квадрант
1·(-3)·(-3)=9	-	-	1·1·1=1
1·(-2)·(-3)=6	-	-	3·2·1=6
3·(-2)·(-2)=12	-	-	1·2·2=4
2·(-1)·(-2)=4	-	-	1·3·1=3
-	-	-	3·3·2=18
-	-	-	2·4·3=24
-	-	-	1·4·4=16
∑=f·a _x ·a _y =31	∑=f·a _x ·a _y =0	∑=f·a _x ·a _y =0	∑=f·a _x ·a _y =72

Контрольные вопросы

1. Каким может быть характер и степень взаимосвязи между признаками?
2. В каких пределах варьирует цифровое значение коэффициента корреляции?
3. Что такое корреляция и коррелятивная изменчивость?
4. Какая корреляция называется положительной и каково ее значение в племенной работе (примеры)?
5. Что следует понимать под отрицательной корреляцией?
6. В чем заключается различие связи между признаками при положительных и отрицательных значениях коэффициента корреляции?
7. Какая может быть корреляция по форме и по направлению?
8. Как вычисляется коэффициент фенотипической корреляции в малых и больших выборках?
9. Основные свойства коэффициента корреляции.

Задания

I. Построить корреляционную решетку, вычислить коэффициент корреляции ($n > 30$) и сделать вывод о характере и степени взаимосвязи между:

1. Живой массой (x , кг) и глубиной груди (y , см) у быков черно-пестрой породы:

x	y	x	y	x	y
480	68	668	72	791	79
640	76	719	78	790	71
399	62	490	66	640	73
526	68	565	73	570	67
437	58	701	81	610	69
471	64	792	90	452	68
560	72	700	72	750	75
589	66	652	76	510	69
344	58	632	73	472	69
795	77	452	66	570	69

2. Возрастом ремонтных свинок (x , дн) и приростом живой массы (y , г):

x	y	x	y	x	y
181	719	193	645	180	638
187	688	196	581	194	622
219	597	199	636	197	555
181	688	199	619	194	555
205	632	192	636	180	652
197	609	191	638	188	667
193	645	189	636	185	686
200	641	187	709	188	667
193	645	187	669	185	686
200	641	191	650	180	698

3. Индексом сбитости (x , %) и выходом мяса (y , %) в туше свиней:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
93,0	62,5	96,5	55,4	85,3	61,7	89,6	56,4	83,5	62,6
96,4	63,1	88,9	55,5	91,4	49,7	86,7	54,1	88,4	62,0
85,4	56,0	81,5	60,5	89,2	51,2	88,8	58,9	89,7	57,6
89,8	61,6	94,0	54,1	82,5	52,3	91,4	58,0	91,4	53,5
85,7	57,4	85,3	58,3	96,3	54,5	88,1	60,1	96,2	52,0
95,6	58,3	87,4	54,5	90,1	61,0	86,4	65,8	95,7	54,5

4. Индексом сбитости (x , %) и среднесуточным приростом живой массы (y , г) ремонтных свинок:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
93,8	593	83,4	575	92,0	493	91,6	549	93,6	487
86,3	430	91,4	533	86,9	527	84,3	447	91,3	540
84,0	550	87,9	507	85,5	493	89,6	471	88,0	483
87,5	556	89,0	484	89,6	509	85,5	523	88,3	523
91,4	527	91,3	541	86,7	560	92,4	542	86,7	554
87,2	529	84,9	521	91,3	516	85,5	487	92,5	493

5. Средней толщиной шпика (x , см) и среднесуточным приростом живой массы (y , г) ремонтных свинок:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
3,7	635	2,7	688	3,1	667	3,6	691	3,2	598
4,6	723	2,7	600	3,8	542	2,8	573	3,0	667
3,5	609	3,8	664	3,5	615	3,0	719	3,2	740
3,5	600	3,9	648	3,3	627	4,2	691	4,0	563
3,5	667	3,6	664	3,2	592	3,5	740	3,0	705
3,4	645	3,6	585	3,5	729	3,0	590	3,1	695

6. Живой массой (x , кг) и длиной туловища (y , см) свиноматок:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
195	147	220	150	199	148	203	150	193	148
200	149	220	166	200	145	205	150	172	141
180	144	194	147	172	141	231	148	220	160
173	143	186	144	242	149	230	160	189	152
230	157	184	154	220	153	161	148	185	148
168	138	172	148	200	157	210	146	230	148

7. Живой массой (x , кг) и длиной туловища (y , см) хряков крупной белой породы:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
313	171	403	183	320	180	302	163	304	173
219	152	307	170	318	183	283	164	312	176
289	164	328	171	367	181	285	170	260	163
273	173	305	170	238	160	282	176	300	174
315	166	300	167	310	169	307	169	302	167
306	172	298	170	377	170	265	163	236	159

8. Высшим суточным удоем (x , кг) и удоем за лактацию (y , кг) коров голштино-фризской породы:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

25,5	5790	29,0	4870	26,4	5520	31,6	4630	15,7	2770
23,8	4110	14,7	2560	20,3	3920	25,0	4980	16,5	2690
19,8	3830	16,5	2470	24,4	4290	22,9	3430	10,0	1150
18,0	3670	14,8	2080	19,6	3980	18,0	2670	22,5	4120
33,8	6590	13,9	3500	19,3	3720	14,1	2220	24,0	3960
32,8	6200	10,8	1680	20,9	3620	16,9	2770	20,0	3680

9. Возрастом (x , дн) и средней толщиной шпика (y , см) ремонтных свинок северокавказской породы:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
199	3,0	195	2,9	180	3,5	205	3,7	184	3,2
184	3,3	184	3,5	169	3,7	186	3,4	181	3,3
216	3,8	157	3,1	167	3,3	186	3,6	179	3,1
186	3,5	182	3,1	171	3,5	210	3,0	181	2,8
219	3,8	182	3,2	202	3,3	175	3,5	181	3,7
175	3,3	190	3,2	179	3,3	183	3,3	180	2,9

10. Массой туши (x , кг) и содержанием протеина в мясе (y , %) свиней:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
56,6	22,0	59,7	21,4	54,4	20,7	59,5	22,5	62,9	20,2
60,8	22,1	63,3	20,5	59,6	21,4	56,3	21,3	60,4	20,6
50,6	20,8	57,5	22,1	58,3	20,2	52,8	20,2	56,8	21,7
56,7	22,4	50,6	20,6	60,8	21,4	52,4	20,3	62,6	21,7
50,4	21,5	63,4	21,9	61,4	20,9	55,4	22,3	54,1	22,0
61,0	21,0	64,4	22,1	63,4	22,4	65,0	21,8	56,7	20,7

11. Площадью «мышечного глазка» (x , см) и площадью сала на разрезе (y , см) свиней:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
21,2	42,0	25,0	44,8	29,0	32,4	27,3	40,0	32,0	31,5
25,0	41,0	28,0	34,0	23,9	45,0	30,1	38,0	24,3	45,6
32,4	39,2	21,5	55,0	26,0	34,0	32,7	31,0	28,0	39,0
32,4	29,0	31,3	35,0	27,0	46,5	29,7	36,5	26,0	41,5
24,5	32,0	23,0	38,5	27,9	27,7	24,8	37,0	25,1	42,0
24,6	34,0	26,1	31,2	24,7	46,5	25,5	32,0	32,0	40,0

12. Удоем за лактацию (x , кг) и процентом жира в молоке (y , %) коров айрширской породы:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
2870	4,3	4140	4,7	4200	3,7	2680	4,7	3050	3,9
2620	4,6	3830	3,8	2470	4,5	3350	3,8	2510	4,4
2950	4,3	2900	3,8	2170	4,7	3440	4,3	2790	4,6
2900	4,3	2280	4,5	2520	4,0	3880	4,1	2560	4,3
2960	4,4	2410	4,2	2710	3,8	2780	4,0	3100	4,6
3060	4,0	2760	5,0	3230	4,4	3260	4,1	2170	4,6

6. Наследуемость и повторяемость признаков

Вычисление коэффициента наследуемости (h^2)

Селекция сельскохозяйственных животных направлена на изменение свойств популяции в желательном направлении. Большой интерес для селекции представляет разнообразие признака. Оно может быть обусловлено как наследственностью, так и факторами среды (кормление, содержание и др.).

В связи с тем, что разнообразие признака обусловлено не только факторами среды, отбор фенотипически лучших особей не улучшит селекционные признаки следующего поколения. Для улучшения следующих поколений нужно знать величину генетического разнообразия признака, называемого наследуемостью и обозначаемую « h^2 ».

Наследуемость – это доля генетического разнообразия в общей изменчивости признака. Количественные признаки формируются в процессе индивидуального развития на основе наследственности и факторов внешней среды. Степень влияния этих факторов на развитие разных признаков не одинаковы.

Методы популяционной генетики позволяют для каждого признака определить долю влияния каждого фактора вычислением коэффициента наследуемости. Значение степени наследуемости различных признаков в конкретных условиях имеет важное значение для определения эффективности селекции. Чем выше коэффициент наследуемости, тем больше развитие данного признака зависит от наследственности, тем эффективнее отбор.

Коэффициент наследуемости вычисляется различными методами:

1. С помощью коэффициента корреляции (r) между показателями дочерей и теми же показателями матерей по формуле $h^2=2 \cdot r_{мд}$, где h^2 – коэффициент наследуемости; $r_{мд}$ – коэффициент корреляции между признаками матерей и их дочерей (или сыновей и отцов).

По мнению некоторых ученых использование данного метода приводит к завышению h^2 , а иногда и к явно ошибочным результатам, когда h^2 больше единицы. Поэтому они предлагают за h^2 брать коэффициент корреляции между родителями и потомками без его удвоения $h^2=r_{мд}$. Формула используется в тех случаях, когда различия признаков у родителей и потомков незначительны.

2. При разной интенсивности отбора среди родителей и потомков показатели разнообразия признака резко различаются. В таких случаях целесообразно пользоваться формулой $h^2=2 \cdot R_{мд}$, где $2 \cdot R$ – удвоенный коэффициент регрессии между фенотипами родственников.

Однако, из-за неодинаковой наследуемости различных признаков, эффективность отбора по ним будет различной. Успешнее будет отбор при достаточной наследственной (генетической) неоднородности стада, т.е. при значительной величине коэффициента наследуемости (h^2), который может быть вычислен по следующей формуле:

$$h^2 = \frac{D_{лучш.} - D_{худш.}}{M_{лучш.} - M_{худш.}} \cdot 2,$$

где h^2 – коэффициент наследуемости; $M_{лучш.}$ – средние показатели группы лучших животных стада; $M_{худш.}$ – средние показатели группы худших животных стада; $D_{лучш.}$ – средний показатель потомства полученного от лучших животных стада; $D_{худш.}$ – средний показатель потомства от худших животных стада.

Например. В группе лучших животных стада средний удой был 4404 кг, а в группе худших – 3380 кг. Продуктивность дочерей, полученных от лучших коров была 3934 кг, а от группы худших – 3793 кг. Подставим данные в формулу получим:

$$h^2 = \frac{D_{лучш.} - D_{худш.}}{M_{лучш.} - M_{худш.}} \cdot 2 = \frac{3934 - 3793}{4404 - 3380} \cdot 2 = \frac{141}{1024} \cdot 2 = 0,26$$

Этот показатель (0,26) свидетельствует о низкой наследуемости и большой зависимости величины удоя от условий кормления и содержания животных.

Столь же низкая наследуемость характерна и для живой массы животных, что можно видеть из следующего примера, где коровы чернопестрой породы имели живую массу в среднем 640 кг, а их дочери – 615 кг. От группы худших по живой массе коров (в среднем 570 кг) получены дочери с живой массой 605 кг. Подставим соответствующие значения в формулу получим: $h^2 = \frac{615 - 605}{640 - 570} \cdot 2 = 0,28$

3. Коэффициент наследуемости можно вычислить по следующей формуле: $h^2 = \frac{D_{п}}{D_{р}}$,

где h^2 – коэффициент наследуемости; $D_{п}$ – превосходство потомков (в среднем) над средним показателем стада; $D_{р}$ – среднее превосходство обоих родителей над средним показателем стада.

Применение этой формулы можно проиллюстрировать на следующем примере. Средняя масса уток в хозяйстве была в пределах 3,0 кг. В элитную группу отобрана птица средней живой массой 4,0 кг. Если бы такая живая масса родителей была полностью унаследована потомством, то и оно в среднем имело бы живую массу 4,0 кг, но фактически масса потомства оказалась 3,4 кг, что обусловлено регрессией.

Проводим вычисление коэффициента наследуемости живой массы уток используя выше приведенные показатели. $D_{п}$ будет равно 0,4 кг (3,4-3,0=0,4), а $D_{р}$ =1,0 кг (4,0-3,0=1,0). В этом случае $h^2 = \frac{0,4}{1,0} = 0,4$.

Наследуемость живой массы уток, как видно из рассмотренного примера, значительно выше чем наследуемость этого показателя у крупного рогатого скота молочной породы. По-видимому, данное различие обусловлено тем, что ведется систематический отбор уток по их живой массе (основной показатель их продуктивности).

4. Коэффициент наследуемости можно определить методом дисперсионного анализа по формуле предложенной Н.А. Плохинским, которая имеет следующий вид: $h^2 = \frac{C_x}{C_y}$,

где C_x – дисперсия обусловленная генетическими факторами, C_y – общая фенотипическая дисперсия.

Показатели наследуемости выражаются в долях единицы от 0 до 1 или в процентах от 0 до 100 %. Коэффициенты наследуемости некоторых признаков у сельскохозяйственных животных приведены в таблице 11. Из приведенных данных видно, что коэффициенты наследуемости основных селекционных признаков у животных варьируют в довольно больших пределах – от 0,01 до 0,91. Такие значительные расхождения в величине показателей наследуемости могут быть обусловлены следующими причинами: генетическим разнообразием популяции; степенью ее гетерозиготности; уровнем кормления и содержания изучаемых пород; использованием разных методов расчета коэффициента наследуемости.

Таблица 11 – Коэффициенты наследуемости некоторых признаков у сельскохозяйственных животных разных видов (по обобщенным данным)

Признак	Среднее значение	Пределы колебания
1	2	3
Крупный рогатый скот		
Удой за лактацию	0,28	0,04-0,67
Содержание жира в молоке	0,50	0,18-0,88
Содержание белка в молоке	0,55	0,40-0,75
Живая масса при рождении	0,35	0,11-0,53
Живая масса в 12-18-месячном возрасте	0,53	0,32-0,90
Убойный выход	0,48	0,25-0,73
Скорость молокоотдачи	0,30	0,15-0,45
Плодовитость	0,16	0,10-0,22
Свиньи		
Живая масса	0,12	0,02-0,56
Среднесуточный прирост	0,35	0,13-0,77
Длина туловища	0,50	0,20-0,86
Площадь «мышечного глазка»	0,37	0,19-0,65
Количество сосков	0,31	0,11-0,60
Многоплодие	0,04	0,01-0,34
Крупноплодность	0,15	0,11-0,23
Молочность	0,27	0,12-0,61
Скороспелость	0,22	0,04-0,39
Толщина шпика	0,44	0,25-0,84
Овцы		
Живая масса	0,40	0,25-0,55
Длина шерсти	0,52	0,25-0,78
Густота шерсти	0,50	0,40-0,66
Диаметр волокна	0,35	0,20-0,52

Выход мытой шерсти	0,45	0,30-0,70
1	2	3
Многоплодие	0,12	0,10-0,15
Куры		
Живая масса в 7-8-недельном возрасте	0,35	0,16-0,77
Живая масса во взрослом состоянии	0,50	0,30-0,64
Яйценоскость	0,30	0,05-0,80
Масса яйца	0,56	0,31-0,81
Оплодотворенность яиц	0,10	0,01-0,31
Выводимость яиц	0,12	0,03-0,20
Сохранность: молодняка	0,10	0,03-0,16
взрослой птицы	0,10	0,01-0,13
Плотность яиц	0,40	0,32-0,56
Толщина скорлупы	0,31	0,10-0,58
Крепость скорлупы	0,44	0,32-0,56
Цвет скорлупы	0,58	0,35-0,80
Индекс: формы яиц	0,33	0,10-0,74
белка	0,40	0,26-0,60
желтка	0,55	0,45-0,60
Половая зрелость	0,25	0,10-0,56
Оперяемость цыплят	0,28	0,16-0,60
Ширина груди	0,25	0,21-0,30
Угол груди	0,41	0,20-0,68
Длина кия	0,33	0,28-0,38
Объем эякулята	0,50	0,34-0,67
Концентрация спермы	0,44	0,37-0,50
Потребление корма	0,70	0,60-0,89
Содержание жира в тушке	0,65	0,48-0,83
Потеря пера в 6-10-недельном возрасте	0,35	0,22-0,54
Интенсивность обмена веществ	0,38	0,16-0,76

В качестве примера рассчитываем влияние отцов на живую массу телят при рождении методом дисперсионного анализа. Порядок вычисления и данные приведены в табл. 12 и по тексту.

$$\text{Вспомогательная величина определяется } H = \frac{(\sum V)^2}{n} = \frac{609^2}{17} = 21817.$$

Дисперсии C_y (общая фенотипическая), C_x (дисперсия обусловленная генетическими факторами), C_z (остаточная дисперсия) вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} C_y &= \sum V^2 - H = 22067 - 21817 = 250 \\ C_x &= \sum h_x - H = 21921 - 21817 = 104 \\ C_z &= \sum V^2 - \sum h_x = 22067 - 21921 = 146 \end{aligned}$$

$$\text{Коэффициент наследуемости: } h^2 = \frac{C_x}{C_y} = \frac{104}{250} = 0,415 \text{ или } 41,5 \%$$

Полученная величина h^2 означает, что 41,5 % в изменчивости живой массы телят при рождении зависит от влияния быков, а 58,5 % от других факторов.

Таблица 12 – Обработка однофакторного комплекса

№ п/п	Показатель	Дочери быка			Σ
		А	В	С	
1	Живая масса при рождении, кг V	35,36,40,38,43,42	38,32,40,34,35,31	35,37,30,31,32	ΣV=609
2	V ²	1225,1296,1600 1444,1849,1769	1444,1024,1600 1156,1226,961	1225,1369,900 961,1024	ΣV ² =22067
3	n	6	6	5	17
4	ΣV	234	210	165	ΣV=609
5	(ΣV) ²	234 ² =54756	210 ² =44100	165 ² =27225	-
6	$h_x = \frac{(\sum V)^2}{n}$	$\frac{54756}{6} = 9126$	$\frac{44100}{6} = 7350$	$\frac{27225}{5} = 5445$	Σh _x =21921
7	$\bar{X} = \frac{\sum V}{n}$	$\frac{234}{6} = 39$	$\frac{210}{6} = 35$	$\frac{165}{5} = 33$	$\bar{X}_{\text{общ}} = \frac{609}{17} = 35,8$

Достоверность факториальной дисперсии, т.е. достоверность генетического влияния на массу телят определяется с помощью коэффициента Фишера (F). Для этого определяется число степеней свободы (V) для факториальной дисперсии $V_1=n-1$ (кол-во быков минус единица) и число степеней свободы для остаточной дисперсии $V_2=N-n$, где N – численность выборки телят, n – число быков.

В нашем примере: $V_1=3-1=2$, $V_2=17-3=14$

Вычисляются варианты: факториальная $\delta_x^2 = \frac{C_x}{V_1} = \frac{104}{2} = 52$

случайная: $\delta_z^2 = \frac{C_z}{V_2} = \frac{146}{14} = 10,4$

Критерием достоверности генетического влияния быков на массу телят при рождении определяется с помощью формулы $F = \frac{\delta_x^2}{\delta_z^2} = \frac{52}{10,4} = 5,0$

Вычисленное значение сравнивают с таблицей Фишера (приложение 1).

Для трех уровней оно равно: $F_{0,95}=3,7$; $F_{0,99}=6,5$; $F_{0,999}=11,8$

В нашем примере $F=5,0$. Следовательно, влияние быков на массу телят при рождении достоверно при уровне вероятности равной 0,95. Если F будет ниже 3,7, тогда влияние быков на массу телят при рождении будет недостоверным.

Несмотря на значимость коэффициента наследуемости для теории и практики селекции, следует всегда помнить, что каким бы способом не вычислялся коэффициент наследуемости, за исходную величину корреляции «родители-потомки» принимается величина +0,5, что в среднем справедливо для свободно спаривающейся популяции и неприемлемо для стад, где ведут более углубленную селекцию. Кроме того, h^2 определяет не всю долю

генетической изменчивости, а только ту ее часть, которая обусловлена аддитивным (суммирующим) действием наследственных факторов. Она не отражает такой формы наследования как сверхдоминирование лежащее в основе гетерозиса, а также индивидуальных генетических особенностей животных и отдельных генеалогических групп, действия генеалогической сочетаемости при подборе производителей и различную «силу» наследственной передачи (препотенцию) отдельных особей. Иногда показатели h^2 выходят за пределы допустимого, то есть они меньше 0 или больше 1. Поэтому при практическом использовании коэффициента наследуемости в селекции необходимо вычислять его для каждого конкретного стада и не следует сопоставлять его величину с показателями, полученными в разных стадах и условиях.

Вычисление коэффициента повторяемости. При проведении генетического анализа количественных признаков выявляют популяционный показатель тесно связанный с коэффициентом наследуемости (h^2) и имеющий важное значение для оценки наследственности. Этим показателем является коэффициент повторяемости r_w (within-внутри).

Его свойства заключаются в следующем:

- является показателем генетического разнообразия;
- является мерой верхнего предела коэффициента наследуемости;
- определяет надежность вносимых поправок в варьирующий признак с учетом изменения средовых факторов;
- служит мерой определения ошибки измеряемого признака.

При высокой величине повторяемости признака, особи сохраняют определенный его уровень, что дает возможность более эффективно вести селекцию.

Для вычисления r_w чаще всего используют однофакторный дисперсионный комплекс. Коэффициент повторяемости находится в границах от 0 до 1.

Для целей селекции предпочтительнее если r_w имеет большую величину. Считают, что если:

- r_w меньше 0,4 – коэффициент повторяемости низкий;
- r_w 0,5-0,6 – средний;
- r_w 0,7 и более – высокий.

Разные признаки имеют различные уровни коэффициента повторяемости, но он всегда выше чем коэффициент наследуемости вычисленный для той же выборки.

Повторяемость – это явление постоянства проявления признака у одной и той же особи на протяжении жизни или совпадение показателей продуктивности в разные периоды года, сезона при одинаковых условиях содержания.

Повторяемость – форма реализации генетической информации при разном возрасте или разных условиях среды. Коэффициент повторяемости r_w введен для обозначения повторных значений данного признака у одних и тех же животных при разном возрасте.

Некоторые коэффициенты повторяемости признаков у молочных коров и мясных кур приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Коэффициенты повторяемости по некоторым признакам у крупного рогатого скота и кур

Вид	Показатель	Коэффициент повторяемости
Крупный рогатый скот	Удой	0,30-0,55
	Жирномолочность	0,50-0,70
	Скорость молокоотдачи	0,60-0,80
	Межотельный период	0,01-0,15
	Индекс осеменения	0,10-0,13
Куры	Живая масса	0,08-0,17
	Гематокритное число	0,17-0,37
	Общий белок плазмы крови	0,36-0,46
	Содержание тиреоидных гормонов в крови	0,17-0,21
	Восстановленный глутатион крови	0,16-0,24

Коэффициент повторяемости вычисляют путем определения корреляции между продуктивностью одних и тех же животных по одним и тем же признакам, но за различные возрастные периоды, а также с помощью дисперсионного анализа с использованием однофакторного или двухфакторного комплекса. Однако следует помнить, что разные признаки неодинаковы по величине коэффициента корреляции между их смежными оценками, что обусловлено самой природой признака. Например, коэффициент корреляции между удоем за смежные лактации (второй и третьей) довольно большой и находится в пределах 0,7-0,8, а между первой и десятой может принимать отрицательное значение. Тем не менее, коэффициент корреляции между показателями признака у смежных временных отрезков может использоваться как показатель повторяемости. Более правильным и точным методом определения коэффициента повторяемости является вычисление его с применением однофакторного дисперсионного комплекса. Рабочая формула коэффициента повторяемости может быть записана следующим образом: $r_w = \frac{\delta_A^2}{\delta_A^2 + \delta_z^2}$,

где δ_A^2 – компонент вариации между особями; δ_z^2 – варианта показателей «внутри» тех же особей.

Рассмотрим пример определения коэффициента повторяемости по плодовитости семи свиноматок за 5-ть первых опоросов и проведем расчет r_w согласно таблице 14.

Таблица 14 – Однофакторный комплекс для определения коэффициента повторяемости плодовитости свиноматок по пяти опоросам

№ опороса	Номер свиноматок							$l_x=7$
	1	2	3	4	5	6	7	
	Плодовитость маток по опоросам, гол (V_i)							
1	6	10	10	9	11	10	9	$H = \frac{(\sum V_i)^2}{\sum n_i} =$ $= \frac{292^2}{30} =$ $= 2842,1$
2	7	9	10	10	12	11	9	
3	7	11	11	10	13	12	10	
4	8	10	12	9	10	-	10	
5	7	-	-	-	9	-	11	
$\sum V_i$	35	40	43	38	54	33	49	$\sum V_i=292$
n_i	5	4	4	4	5	3	5	$\sum n_i=30$
n_i^2	25	16	16	16	25	9	25	$\sum n_i^2=132$
V_i^2	36	100	100	81	121	100	81	
	49	121	121	100	169	144	100	
	64	100	144	81	100	-	100	
	49	-	-	-	81	-	121	
$\sum V_i^2$	247	402	465	362	615	365	483	$\sum V_i^2=2939$
$(\sum V_i)^2$	$35^2=1225$	$40^2=1600$	$43^2=1849$	$38^2=1444$	$54^2=2916$	$33^2=1089$	$49^2=2401$	-
$h_x = \frac{(\sum V_i)^2}{n_i}$	$\frac{1225}{5} = 245$	$\frac{1600}{4} = 400$	$\frac{1849}{4} = 462,2$	$\frac{1444}{4} = 361$	$\frac{2916}{5} = 583,2$	$\frac{1089}{3} = 363$	$\frac{2401}{5} = 480,2$	$\sum h_x=2894,6$

Вычисляем дисперсии:

$$C_y = \sum V_i^2 - H = 2939 - 2842,1 = 96,9$$

$$C_x = \sum h_x - H = 2894,6 - 2842,1 = 52,5$$

$$C_z = \sum V_i^2 - \sum h_x = 2939 - 2894,6 = 44,4$$

$$\text{Число степеней свободы: } V_y = n - 1 = 30 - 1 = 29;$$

$$V_x = l_x - 1 = 7 - 1 = 6;$$

$$V_z = n - l_x = 30 - 7 = 23$$

Вычисляем среднее количество опоросов по всему комплексу:

$$n_0 = \frac{1}{l_x - 1} \cdot \left(\sum n_i - \frac{\sum n_i^2}{\sum n_i} \right),$$

где l_x – число градаций по фактору $x=7$, т.е. число свиноматок, каждая из которых составляет градацию с варьированием плодовитости (V) по опоросам; n_i – число опоросов в каждой градации, $\sum n_i=30$; $\sum n_i^2$ – сумма

квадратов числа опоросов по каждой свиноматке, равная 132.

Подставляем полученные данные в формулу:

$$n_0 = \frac{1}{7-1} \cdot \left(30 - \frac{132}{30} \right) = \frac{1}{6} \cdot (30 - 4,4) = 0,17 \cdot 25,6 = 4,352 \approx 4,3 \text{ опороса}$$

Проводим вычисление необходимых элементов сводной таблицы дисперсионного анализа для определения коэффициента повторяемости:

$$\delta_x^2 = \frac{C_x}{\nu_x} = \frac{52,5}{6} = 8,7; \quad \delta_z^2 = \frac{C_z}{\nu_z} = \frac{44,4}{23} = 1,9$$

Таблица 15 – Сводная таблица дисперсионного анализа

Источник изменчивости	Сумма квадратов или дисперсия, С	Число степеней свободы, ν	Средний квадрат, δ^2	F факт	F табл.
Общая (y)	$C_y=96,9$	29	-	$F = \frac{\delta_x^2}{\delta_z^2} = \frac{8,7}{1,9} = 4,58$	$F_{0,95}=2,7$
Между особями, x (по маткам)	$C_x=52,5$	6	$\delta_x^2 = 8,7$		$F_{0,99}=4,1$
Внутри особей, z (по опоросам)	$C_z = 44,4$	23	$\delta_z^2 = 1,9$		

Находим δ_A^2 , которая выражается разностью между средним квадратом межгрупповой изменчивости и средним квадратом внутригрупповой изменчивости, деленной на усредненное число опоросов.

$$\text{Получаем: } \delta_A^2 = \frac{\delta_x^2 - \delta_z^2}{n_0} = \frac{8,7 - 1,9}{4,3} = 1,6$$

Достоверность факториальной дисперсии определяется с помощью коэффициента Фишера (F) точно также, как и по коэффициенту наследуемости (приложение 1).

$$\text{Определяем коэффициент повторяемости: } r_w = \frac{\delta_A^2}{\delta_A^2 + \delta_z^2} = \frac{1,6}{1,6 + 1,9} = 0,457.$$

Это означает, что на плодовитость свиноматок достоверно ($F_{факт} = 4,58$) влияют их наследственные особенности (45,7 %), а 54,3 % изменчивости обусловлено случайными факторами. Следовательно, повторяемость плодовитости невысокая, что может быть результатом влияния возраста свиноматок в период от 1-го до 5-го опороса.

Коэффициент повторяемости может быть использован для ранней оценки животных, так как чем больше коэффициент повторяемости, тем более устойчивы показатели данного признака. Поэтому по величине признака, полученной в более раннем возрасте, можно уже прогнозировать будущую продуктивность животного, полагая, что при большом постоянстве признака он и при последующих измерениях будет близок к тому, что получено по первому его измерению.

Контрольные вопросы

1. Пояснить термины «наследуемость», «наследование» и «наследственность». Привести примеры.
2. В чем заключается взаимосвязь между наследуемостью и повторяемостью признака?
3. В чем различие между фенотипическим и генетическим разнообразием? Привести формулы.
4. Какое значение имеют для селекции наследуемость и повторяемость признака?
5. Для характеристики наследуемости и повторяемости как используют коэффициент корреляции. Привести случаи правильного и неправильного использования коэффициента корреляции.
6. Как влияет на коэффициент повторяемости взаимодействие генотипа и среды?
7. Как можно практически использовать коэффициент наследуемости?
8. Для чего нужны селекционные индексы животных?
9. Как практически используют коэффициент повторяемости?
10. По каким формулам можно вычислить коэффициент наследуемости?
11. Как можно практически использовать коэффициент наследуемости?

Задания

1. Определить коэффициент наследуемости живой массы ягнят полученных от двух производителей, кг:

1. 3,4 3,8 3,2 4,2 2,5 2,8 3,4 3,2 3,6 3,1
2. 2,6 2,9 3,0 2,8 3,7 3,8 3,7 3,9 3,5 3,7

2. Коэффициент корреляции между матерями и дочерьми (50 пар) по удою равен 0,35, между полусестрами 0,17. Определить коэффициент h^2 .

3. Определить наследуемость суточного удоя (кг) коров по данным дочерей трех производителей:

1. 10 11 9 12 10 13 11 13
2. 7 8 9 8 7 10 9 9
3. 15 14 12 13 12 15 14 13

4. Напишите схемы вычисления коэффициента наследуемости h^2 разными способами: корреляции, дисперсии, регрессии.

5. Определить коэффициент наследуемости настрига чистой шерсти ярок полученных от трех производителей, кг:

1. 1,9 1,8 2,1 2,1 2,0 2,2 1,9 2,2
2. 2,0 1,9 2,2 2,1 2,3 2,3 2,2 2,0
3. 2,1 2,6 2,4 2,4 2,7 2,2 2,5 2,0

6. Определить коэффициент повторяемости между яйценоскостью кур за две смежные декады по следующим данным:

Куры		1	2	3	4	5	6
Количество яиц получено в декаду:	1-ю	6	8	5	7	9	10
	2-ю	6	9	8	7	10	9
	3-ю	7	9	8	8	10	10

7. Определить коэффициент повторяемости между живой массой

телочек при рождении (1), в 6 месяцев (2) и в 12 месяцев (3) кг:

1.	30	28	20	30	29	28	27	27	29	26
2.	154	173	154	153	147	173	156	146	162	159
3.	180	220	210	190	200	250	200	196	210	204

8. Вычислить коэффициент повторяемости длины шерсти маток кавказской породы за 3 года, см:

Матки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2000 г.	7	8	6	8	7	6	9	9	8	7
2001 г.	8	8	7	9	7	7	10	9	8	9
2002 г.	7	7	7	9	8	6	10	8	9	8

9. Сравнить селекционный прогресс за 4 года при разных системах разведения свиней при одинаковой наследуемости признака 0,25 и одинаковом среднесуточном приросте животных. Первая схема – молодых хряков и свинок для племенных целей использовали от первых опоросов свиноматок; вторая – животных использовали для ремонта стада только после того, как родители были оценены по качеству потомства. Какой будет интервал между поколениями в обоих случаях? Сколько поколений животных можно получить за 4 года в этих случаях?

10. Вычислить коэффициент наследуемости настрига шерсти у матерей (\bar{X}_1) и их дочерей (\bar{X}_2), кг:

X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
5,5	5,5	6,5	7,5	8,0	5,5	4,5	6,0	4,5	6,0
5,5	6,5	5,5	6,0	6,7	7,3	5,0	5,2	7,4	6,3
4,7	5,6	6,1	5,7	5,3	6,5	4,8	5,2	6,5	7,2
6,5	5,7	7,8	6,8	5,7	6,4	6,4	6,7	6,2	7,8

11. Вычислить коэффициент наследуемости плодовитости у серебристо-черных лисиц по следующим данным:

Матери (\bar{X}) . . . 5 5 6 7 4 6 4 3 6 6 6 5 5 7 6

Дочери (\bar{X}_2) . . . 2 5 7 4 6 5 2 5 8 7 6 3 6 5 7

12. Вычислить коэффициент наследуемости удоя за лактацию у коров (\bar{X}_1) и их дочерей (\bar{X}_2), кг:

X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
3899	3725	3203	4918	5352	6037	3692	5206	4913	4166
3035	5422	4227	5211	3158	4064	5255	4851	3484	3249
3692	4701	4288	4346	3149	5363	5000	6011	3152	3720
3295	4622	3281	3486	2793	4183	3020	4984	3720	3271
3483	3463	3158	3483	3050	5288	3095	4110	3000	4355
2822	5123	4064	3764	5503	4500	3472	4111	3472	3280
5678	5143	2991	3158	5286	5046	3758	3670	3285	3577
3472	3475	2991	4394	4578	5109	2641	3760	3577	4546
3484	3401	3989	5678	5486	4050	3213	2641	4796	4306
4228	3864	3152	4227	4346	3447	2641	3940	2743	3423
5685	5315	4711	5000	3208	5486	3486	3481	2800	2887
3216	3919	4164	5286	2980	3483	3213	3726	6178	3228
4469	3208	3372	4475	-	-	-	-	-	-

13. Вычислить коэффициент наследуемости яйценоскости кур, используя данные таблицы. Брать для вычисления h^2 данные яйценоскости матерей (y') и яйценоскости дочерей (y).

Живая масса (кг) и яйценоскость (шт.) матерей (x' , y') и их дочерей (x , y)

x'	y'	x'	y'	x	y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8
2,1	225	1,9	191	2,1	170	2,2	215
2,0	193	2,0	201	2,3	232	2,2	180
2,4	271	2,0	200	2,0	208	1,9	193
2,2	208	2,1	210	1,9	189	2,3	241
2,2	201	2,1	220	1,8	179	2,0	207
1,7	212	2,3	246	1,7	163	2,4	241
2,0	189	2,2	219	2,0	201	2,1	199
1,8	200	1,8	175	1,8	181	2,5	220
2,5	256	2,2	217	1,9	194	2,0	198
1,9	183	2,1	213	1,7	165	2,1	200
2,3	207	2,5	220	2,1	209	2,2	219
2,3	205	2,5	221	2,3	220	2,3	220
2,0	213	2,2	221	2,2	185	2,4	241
1,9	190	2,0	193	2,0	180	2,1	178
2,0	200	2,1	210	2,2	231	2,3	235
2,2	203	2,4	203	2,4	241	2,4	245
2,1	221	2,2	222	2,3	236	2,3	236
2,2	230	2,0	193	2,1	201	2,1	207
2,3	234	2,3	234	2,2	236	2,3	241
2,2	212	2,2	214	2,2	217	2,3	220
1,8	171	1,8	173	2,1	194	2,0	195
1,9	175	1,9	193	1,8	189	1,9	190
1,9	180	2,0	200	1,9	193	2,0	201
1,8	181	1,9	194	2,0	198	2,1	207
2,0	190	2,1	191	2,1	199	2,0	199
2,1	190	2,0	192	2,2	207	2,2	206
2,2	200	2,1	200	2,3	246	2,3	246
2,3	210	2,1	198	1,9	200	2,0	201
2,2	223	2,0	190	1,8	179	1,9	180
2,0	193	1,9	192	2,0	181	2,1	182

14. От двух быков-производителей Вольного и Ветерка и одних и тех же коров получено по 30 дочерей. Все животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Вычислить коэффициенты наследуемости высшего суточного удоя, сравнивая пары мать-дочь одного и другого быка. Какого быка лучше выбрать для использования в стаде?

Высшие суточные удои матерей (X_1) и дочерей быков Вольного (X_2) и Ветерка (X_3)

X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
10,0	17,3	13,0	17,0	16,0	15,0	19,9	17,1	19,5
12,8	14,0	17,0	17,1	18,0	19,0	20,3	21,4	21,8
13,0	15,0	21,1	17,2	16,3	16,2	20,7	13,2	13,2
14,8	17,0	19,1	17,4	19,3	17,0	21,8	19,3	29,0
15,3	19,0	21,2	17,5	16,2	17,3	22,5	19,0	15,8
15,8	22,4	25,5	17,9	16,0	16,1	22,5	29,0	18,5
16,1	18,0	16,0	18,0	21,3	22,4	23,0	12,0	21,0
16,2	16,2	15,3	18,3	16,0	23,0	23,5	12,9	12,3
16,7	17,9	15,0	19,0	15,3	19,6	24,1	14,0	23,8
17,0	12,9	13,2	19,3	17,0	18,7	29,0	14,0	21,0

15. Вычислить коэффициент повторяемости содержания жира в молоке коров за смежные лактации (I-II, II-III, III-IV и т.д.) у дочерей быка Вольного.

Содержание жира в молоке за лактацию

n	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,80	3,90	3,90	3,83	3,90	3,80	3,90	3,92	3,93	3,94
2	4,00	4,20	4,30	4,31	4,30	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
3	3,90	4,05	3,98	4,05	4,01	4,00	4,00	3,94	4,00	4,20
4	4,20	4,00	4,00	4,21	4,23	4,24	4,30	4,30	4,40	4,40
5	3,90	4,00	4,00	3,95	3,98	4,00	4,00	3,98	4,00	4,00
6	3,87	3,78	3,78	3,80	3,83	3,90	3,90	3,88	3,87	3,90
7	3,90	3,91	3,93	3,90	3,99	4,00	4,00	4,03	4,04	4,10
8	3,90	3,91	3,90	3,86	3,89	3,99	4,00	4,00	4,00	4,02
9	4,00	3,90	4,00	4,02	4,03	4,04	4,05	4,08	4,10	4,10
10	3,90	3,90	3,91	3,89	3,92	3,89	3,95	3,99	4,00	4,02
11	4,40	4,00	4,00	4,03	4,05	4,10	4,08	4,10	4,15	4,20
12	3,89	3,90	3,90	3,89	3,88	3,90	3,91	3,93	3,95	3,97
13	4,00	4,10	3,91	3,92	4,01	4,01	4,97	3,97	3,99	4,03
14	3,85	3,95	3,95	3,96	3,96	3,97	3,96	3,97	3,97	3,98
15	3,91	3,91	3,91	3,93	3,94	3,95	3,96	3,97	3,98	3,99

16. Среднее содержание жира в молоке стада составляет 3,8 %. Наследуемость признака 0,4. В племядро отобраны коровы с содержанием жира в молоке 3,9 % и выше. Определить, какой процент жира будет в следующем поколении?

7. Вычисление критерия соответствия (χ^2 , хи-квадрат)

В генетических исследованиях часто приходится сравнивать фактические данные с теоретическими ожидаемыми, рассчитанными на основе законов наследования Г.Менделя. При практическом определении соотношения менделеевского расщепления у гибридных поколений ожидаемое (теоретическое) соотношение фенотипов часто не совпадает с фактическим, полученным (наблюдаемым) соотношением. Поэтому возникает необходимость статистической оценки разности между этими соотношениями, т.е. насколько эта разница достоверна или недостоверна.

Критерий соответствия (χ^2) нельзя применять, если частоты выражены относительными величинами (в процентах или долях). Величина χ^2 выражается любым положительным числом от нуля до бесконечности. Если χ^2 равен нулю, то наблюдается полное соответствие фактических и теоретических данных. С увеличением разности между фактическими и теоретическими частотами возрастает величина χ^2 , и при превышении определенного стандартного значения критерия χ^2 (табл. 16) различия между фактическим и теоретическим расщеплением будут достоверными.

Таблица 16 – Стандартные значения критерия χ^2 при разных уровнях вероятности

Число степеней свободы, ν	Уровень вероятности, P			Число степеней свободы, ν	Уровень вероятности, P		
	0,95	0,99	0,999		0,95	0,99	0,999
1	3,8	6,6	10,8	16	46,3	32,0	39,3
2	6,0	9,2	13,8	17	27,6	33,4	40,8
3	7,8	11,3	16,3	18	28,9	34,8	42,3
4	9,5	13,3	18,5	19	30,1	36,2	43,8
5	11,1	15,1	20,5	20	31,4	37,6	45,3
6	12,6	16,8	22,5	25	37,7	44,3	52,6
7	14,1	18,5	24,3	30	43,8	50,9	59,7
8	15,5	20,1	26,1	40	55,8	63,7	73,4
9	16,9	21,7	27,9	50	67,5	76,2	86,7
10	18,3	23,2	29,6	60	79,1	88,4	99,6
11	19,7	24,7	31,3	70	90,5	100,4	112,3
12	21,0	26,2	32,9	75	96,2	106,4	118,5
13	22,4	27,7	34,5	80	101,9	112,3	124,8
14	23,7	29,1	36,1	90	113,1	124,1	137,1
15	25,0	30,6	37,7	100	124,3	135,8	149,4

Критерий соответствия χ^2 вычисляется по формуле: $\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$,

где O – фактические данные; E – теоретически ожидаемые результаты.

Например (таблица 17), при скрещивании красных и белых шортгорнов в F_1 все потомство чалое, а в F_2 было: 18 белых, 41 чалых и 21 красных телят. Но при неполном доминировании ожидаемое соотношение расщепления по фенотипу должно быть 1:2:1. Если сравнить фактически наблюдаемое соотношение, то оно близко к ожидаемому, но точно не совпадает. Ожидаемое расщепление по фенотипу должно быть 20 белых, 40 чалых и 20

красных.

Несмотря на то, что фактические и теоретические цифры очень близки, необходимо точно убедиться, насколько эта разница несущественна. Для этого и пользуются методом χ^2 .

Таблица 17 – Применение метода χ^2 для анализа расщепления в F_1 у шортгорнов по признакам масти

Классы	Фактическое кол-во животных, О	Теоретическое кол-во животных, Е	Отклонение О-Е	Квадрат отклонения, (О-Е) ²
Белые	18	20	2	4
Чалые	41	40	1	1
Красные	21	20	1	1
Σ	80	80	-	-

Квадраты отклонений табл. 17 необходимо разделить на число теоретических животных по каждому фенотипическому классу.

Красные = $\frac{1}{20} = 0,050$, чалые = $\frac{1}{40} = 0,025$ и белые = $\frac{4}{20} = 0,200$.

Подставим данные в формулу, получим:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} = \frac{4}{20} + \frac{1}{40} + \frac{1}{20} = 0,200 + 0,025 + 0,050 = 0,275.$$

При оценке согласия принято пользоваться тремя уровнями вероятности: $P=0,95$, $P=0,99$, $P=0,999$ для которых в таблице 16 приведены стандартные значения критерия χ^2 .

Величина χ^2 зависит от числа степеней свободы. Поэтому для каждого уровня вероятности (P) дано несколько значений χ^2 , расположенных в таблице 16. Число степеней свободы (ν) вычисляется по формуле $n-1$. В нашем примере $n=3$ (три фенотипических класса). Следовательно ($\nu=n-1=3-1=2$), для решения задачи необходимо использовать из таблицы уровни вероятности и строку $\nu=2$. В этой строке стоят три значения χ^2 : 6,0; 9,2; 13,8. Вычисленное значение χ^2 (0,275) значительно меньше табличных, даже при $P=0,95$ (6,0), поэтому фактически полученное расщепление соответствует ожидаемому (1:2:1).

Рассмотрим расщепление по фенотипу при дигибридном скрещивании черных кроликов с нормальной шерстью (генотип $AABB$) с пуховыми альбиносами (генотип $aabb$). В F_1 все потомство будет гетерозиготным с черной короткой шерстью ($AaBb$).

При скрещивании гетерозигот ($AaBb \times AaBb$) получено 120 потомков, в том числе: 45 черных короткошерстных, 30 черных пуховых, 25 белых короткошерстных и 20 белых пуховых кроликов. Теоретически ожидаемое расщепление в потомстве должно соответствовать соотношению четырех фенотипов (9:3:3:1), которое типично при дигибридном скрещивании. В соответствии с теоретически ожидаемым расщеплением можно ожидать следующее: черных короткошерстных – $120:16 \cdot 9 = 67,5$; белых короткошерстных – $120:16 \cdot 3 = 22,5$; черных пуховых – $120:16 \cdot 3 = 22,5$; белых

пуховых – $120:16 \cdot 1 = 7,5$. На основании данных получим:

$$\chi^2 = \frac{(45 - 67,5)^2}{67,5} + \frac{(30 - 22,5)^2}{22,5} + \frac{(25 - 22,5)^2}{22,5} + \frac{(20 - 7,5)^2}{7,5} = 7,5 + 2,5 + 0,28 + 20,8 = 31,08$$

Число степеней свободы равно $n-1=4-1=3$. При $\nu=3$ и уровне вероятности $P=0,999$, стандартное значение равно 16,3, что меньше чем полученное фактическое значение критерия соответствия (31,08). Следовательно, полученная группа кроликов отклоняется по распределению фенотипов от закона Г.Менделя при дигибридном скрещивании и отражает влияние неучтенных факторов, изменяющих тип расщепления по фенотипу у гибридов второго поколения.

Величина χ^2 указывает, что если разница в частотах достоверна, тогда нулевая гипотеза отбрасывается. Если разница недостоверна, то сохраняется нулевая гипотеза, свидетельствующая о том, что две сравниваемые по частотам выборки принадлежат одной генеральной совокупности.

Контрольные вопросы

1. Что такое хи-квадрат и как он используется в генетических исследованиях?
2. Напишите формулу χ^2 и объясните ее применение.
3. Как пользоваться таблицами Стьюдента, Фишера и значениями разных уровней?

Задания

1. От кур с листовидным гребнем и гетерозиготного петуха с розовидным гребнем получено 106 цыплят с розовидным и 120 с листовидным гребнем. При нулевой гипотезе (согласно которой данная пара признаков зависит от одной пары генов) в потомстве ожидается расщепление в отношении 1:1.

Вычислить критерий хи-квадрат и оценить согласие между наблюдаемым и ожидаемым расщеплением.

2. Спарены между собой помеси первого поколения от черных гемпширских свиней и красного дюрокджерсейского хряка. Среди помесного потомства были 81 поросенок черной масти и 26 – красной. При нулевой гипотезе (согласно которой масть обусловлена одной парой генов) ожидается расщепление по масти в отношении 3 черных:1 красный.

Вычислить критерий хи-квадрат и оценить согласие между наблюдаемыми и ожидаемыми данными.

3. При изучении защитного действия индол-3-пропиогидросамовой кислоты при экспериментальном заражении кроликов болезнью Ауески из 20 кроликов выжило 8, пало 12, а при изучении терапевтического эффекта из 17 кроликов выжило 6, пало 11. Проверить гипотезу об эффективности терапевтического и защитного действия этого препарата.

4. Имеются две линии: высоколейкозная (АКР) и низколейкозная (СС57 Вr). В обычных условиях из 44 мышей в линии АКР выжило 22, пало 22, в линии СС 57 Вr выжило 29, пало 6. Оценить методом хи-квадрат

различие между линиями.

5. При испытании нового антибиотика на кроликах, больных пневмонией, получены следующие результаты: из больных, принимавших антибиотик, выжило 65, пало 25. Из не получавших антибиотик выжило 35, пало 25. Оценить эффективность применения препарата.

8. Эффект селекции

При любом типе искусственного отбора важно определить, насколько он будет эффективным. В практической работе ожидаемый *эффект селекции* (R) рассчитывают по формуле: $R = \frac{h^2 \cdot d}{j}$,

где h^2 – коэффициент наследуемости признака; d – селекционный дифференциал; j – интервал между поколениями.

Селекционный дифференциал – это разница между отобранными особями по селекционному признаку и средним значением данного признака по стаду. Например, при бонитировке коров средний удой за 305 дней лактации в стаде численностью 1000 голов составил 3520 кг, средний удой отобранных для дальнейшей работы коров ($n=750$) – 4830 кг. Следовательно, в данном примере $d=4830-3520=1310$ кг.

Селекционный дифференциал зависит от степени изменчивости признака и от того, какую долю особей вводят в отобранную для селекционных целей группу животных. С увеличением величины изменчивости (δ) повышается селекционный дифференциал. С уменьшением доли отбираемых для дальнейшей работы особей увеличивается величина селекционного дифференциала при одинаковой изменчивости признака.

Кроме абсолютных величин селекционный дифференциал может быть выражен и в долях сигмы. В этом случае селекционный дифференциал называют интенсивностью селекции (i) и вычисляют по формуле $i = \frac{d}{\delta_p}$,

где δ_p – величина изменчивости признака исходной популяции.

Величина интенсивности селекции зависит от доли особей популяции, вошедшей в отобранную группу животных. Следовательно, $d = i \cdot \delta_p$. В этом случае формула ожидаемого эффекта селекции примет следующий вид:

$$R = \frac{i \cdot \delta_p \cdot h^2}{j}$$

Эффект селекции изменяется от поколения к поколению. Поэтому интенсивность селекции зависит от интервала между поколениями (j), под которым понимают период между одинаковыми стадиями жизненного цикла двух последовательных поколений. Для крупного рогатого скота он составляет 5 лет, свиней – 2,5-3, овец – 3-4, яичных кур – 2, мясных кур – 1 год.

Эффект селекции за год тем выше, чем больше величина коэффициента наследуемости и селекционный дифференциал и чем меньше интервал между поколениями. Например, ведется селекция на повышение удоя. Средний удой по стаду составляет 3520 кг молока. Коэффициент наследуемости $h^2 = 0,25$. В селекционное ядро отобраны коровы с удоем 4830 кг. Следовательно, селекционный дифференциал будет равен: $4830-3520=1310$ кг. Ожидаемый эффект селекции на одно поколение: $R = h^2 \cdot d = 0,25 \cdot 1310 = 327,5$ кг.

Продуктивность дочерей полученных от отобранных коров для племенных целей можно ожидать на следующем уровне: $3520+327,5=3847,5$

кг. Так, как у крупного рогатого скота смена поколений составляет 5 лет, то можно определить эффект селекции на повышение удоя молока в течение одного года. $R = \frac{h^2 \cdot d}{j} = \frac{1310 \cdot 0,25}{5} = 65,5$ кг.

То есть принятый уровень отбора дает эффект удоя молока за год 65,5 кг, а на поколение – 327,5 кг. Следовательно, чем выше граница отбора и чем выше коэффициент наследуемости, тем выше эффект селекции. Оценка и отбор животных в более раннем возрасте ускоряют темп и повышают эффект селекции. Поэтому необходимо отыскать такие прямые или косвенные показатели, по которым можно в раннем возрасте оценивать и прогнозировать будущие продуктивные качества, которые может иметь данное животное или группа животных, оставляемых для селекции.

При работе с селекционными стадами животных ожидаемый эффект селекции не всегда совпадает с фактически полученными результатами. Существует так называемое плато (предел) для породы или линии, подняться выше которого при применении только существующих методов и приемов отбора лучших по фенотипу особей невозможно. Поэтому необходимо искать новые критерии для объективной оценки животных, раскрывающие наиболее полно генетические задатки той или иной популяции.

Контрольные вопросы

1. Как определяется селекционный дифференциал? Каково его значение?
2. Какие факторы влияют на селекционный дифференциал?
3. Как прогнозируется эффект селекции за поколение и за один год?
4. Что называется селекционным дифференциалом? Как его используют?
5. Для чего нужны селекционные индексы животных?

Задания

1. Определить эффект селекции по стаду кур при отборе в селекционную группу особей живой массой 2,0 кг и яйценоскостью 210 яиц в год. Средняя живая масса кур по стаду – 1,8 кг, средняя яйценоскость по стаду – 170 яиц, $\delta = 20$ яиц, h^2 живой массы кур – 0,35, h^2 яйценоскости – 0,22.

2. Определить величину селекционного дифференциала в случае, если удой коров стада за 305 дней лактации 4000 кг, а удой коров, отобранных в племенное ядро – 5300 кг.

3. Определить эффект отбора при интервале поколения 2 года. Яйценоскость кур стада – 220 яиц, яйценоскость несушек племенного стада – 250 штук. Коэффициент наследуемости яйценоскости стада составил 0,20.

4. Каких коров следует отбирать в племенное ядро, чтобы в следующем поколении жирномолочность их потомства была равна 3,59 %? Жирномолочность коров стада – 3,78 %, $h^2=0,5$.

5. Определить эффективность отбора овец по настригу шерсти, если в отаре со средним настригом 4,0 кг на племя отбирают баранов с настригом шерсти в 5,5 кг, а маток с настригом в 4,5 кг: а) при коэффициенте

наследуемости равном 0,40; б) при коэффициенте наследуемости равном 0,25.

6. Какой следует установить селекционный дифференциал удоя при отборе молочного скота, если требуется повысить средний удой за три поколения с 3600 до 4500 кг при коэффициенте наследуемости удоя равном 0,3?

9. Определение структуры свободноразмножающейся популяции

В 1908 г. независимо друг от друга английский математик Г.Харди и немецкий врач В.Вайнберг опубликовали математический анализ аллелей и генотипов по группам крови системы *ABO* у человека и впервые сформулировали закон распределения генетических параметров в панмиктических популяциях, который стал основным при оценке генетической структуры популяций.

Суть закона Харди-Вайнберга заключается в том, что в популяции, при свободном скрещивании сохраняется постоянство генетической структуры при постоянстве частоты генотипов. Панмиктической называют такую популяцию, которая имеет большую численность особей, свободно спаривающихся между собой, не подвергающихся действию отбора, миграции и мутации. В результате этого генетическая структура популяции не изменится и может находиться в состоянии генного равновесия:

$$p^2 \cdot g^2 = \frac{(2pg)^2}{2}$$

При указанных условиях, которым отвечает панмиктическая популяция, соотношение генотипов в ней, взятое по отношению к одной паре аллелей (*A* и *a*), выражается формулой Харди-Вайнберга:

$$P_{AA}^2 + 2P_{Aa}g_a + g_{aa}^2$$

где P^2 частота доминантных гомозигот (генотип *AA*); g^2 – частота рецессивных гомозигот (генотип *aa*); $2P \cdot g$ – частота гетерозигот (генотип *Aa*).

Если наличие доминантного аллеля «*A*» обозначить символом *P*, а рецессивного аллеля «*a*» – символом *g*, то картину скрещивания между собой гетерозиготных особей и возникающие при этом генотипы и их частоты можно выразить с помощью решетки Пеннета

♂	$P_A=0,5$	$g_a=0,5$	
♀	$P_A=0,5$	$P_{AA}^2=0,25$	$Pg_{Aa}=0,25$
	$g_a=0,5$	$Pg_{Aa}=0,25$	$g_{aa}^2=0,25$

Три возможных генотипа, образующихся при скрещивании в популяции, могут быть теоретически представлены следующими частотами: *AA* (0,25); *2Aa* (0,5); *aa* (0,25).

Сумма частот трех генотипов в данной популяции равна единице. Пользуясь символами *p* и *g* можно сказать, что вероятность генотипов следующая: $p^2+2p \cdot g+g^2=1$.

На математическом уровне $p+g=1$ представляет собой уравнение вероятности, тогда как $p^2+2p \cdot g+g^2$ является квадратом этого уравнения, т.е. $(p+g)^2$. Таким образом, можно вычислить частоты всех аллелей и генотипов, пользуясь выражениями для частот аллелей: $p+g=1$, $p=1-p$, $g=1-p$; для частот генотипов: $p^2+2pg+g^2$.

Однако для большинства популяций частоту обоих аллелей (A и a) можно вычислить только по доле особей гомозиготных по рецессивному аллелю, так как это единственный генотип, который можно распознать непосредственно по его фенотипическому выражению.

Определение частот фенотипов, генотипов и аллелей зависит от характера признака, его наследования и фенотипического проявления. Подтвердим данное определение на примере задачи. У собак коротконогость (ген A) доминирует над нормальной длиной ног (ген a). В популяции беспородных собак обнаружено 245 коротконогих животных и 24 с нормальными ногами. Определить частоту доминантного гена A , рецессивного – a и генотипов AA , Aa и aa в данной популяции.

Вычисление заданных параметров необходимо начинать с определения общего количества животных (N). $N=245+24=269$.

Частота фенотипов вычисляется по формуле $P = \frac{n}{N}$, где P – частота какого-либо фенотипа в популяции; n – число особей, имеющих данный фенотип; N – общее количество особей в популяции.

Если в задании уже даны фенотипы в процентах, то их необходимо перевести в доли единицы, например: 42 % = 0,42 доли единицы или 3 % = 0,03 доли единицы.

Определяем частоту рецессивных особей по формуле $g^2 = \frac{n_a}{N}$, где n_a – частота фенотипа с рецессивными признаками ($n_a = 24$); N – общее количество животных в популяции ($N=269$).

Вычисляем количество рецессивных особей в долях единицы $g^2 = \frac{24}{269} = 0,09$. Далее находим частоту рецессивного аллеля $g = \sqrt{0,09} = 0,3$ доли единицы. Так как $p+g=1$, то $p=1-g=1-0,3=0,7$ доли единицы. Следовательно, частота доминантного гена « A » выраженная через символ P будет равна 0,7 доли единицы или 70 %, а частота рецессивного гена « a » выраженная через g будет равна 0,3 доли единицы или 30 %.

Вычисляем частоты генотипов:

$$AA = P^2 = (0,7)^2 = 0,49 \text{ доли единицы или } 49 \%$$

$$2Aa = 2pg = 2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 0,42 \text{ доли единицы или } 42 \%$$

$$aa = g^2 = (0,3)^2 = 0,09 \text{ доли единицы или } 9 \%$$

Отсюда следует, что данная популяция беспородных собак находится в состоянии генетического равновесия, так как $(p+g)^2 = p^2 + 2pg + g^2 = 0,7^2 + 2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 + 0,3^2 = 1$ или 100 %.

Для оперативного расчета концентрации гомозиготных и гетерозиготных генотипов (AA , Aa , aa) в популяциях при изменении концентрации доминантных и рецессивных аллелей (A и a) можно пользоваться данными, приведенными в таблице 18.

Закон Харди-Вайнберга позволяет определить количество и соотношение некоторых генов в конкретном стаде, прогнозировать направление изменения свойств популяции при изменении соотношения

генотипов в результате целенаправленного отбора или скрещивания.

Таблица 18 – Изменение в частоте генотипов при изменениях концентрации аллелей

Концентрация доминантного аллеля A	Частота зигот с генотипами			Концентрация рецессивного аллеля a
	$AA (p^2)$	$Aa (2pg)$	$aa (g^2)$	
0,99	0,9801	0,0198	0,0001	0,01
0,95	0,9025	0,0950	0,0025	0,05
0,90	0,8100	0,1800	0,0100	0,10
0,80	0,6400	0,3200	0,0400	0,20
0,70	0,4900	0,4200	0,0900	0,30
0,60	0,3600	0,4800	0,1600	0,40
0,50	0,2500	0,5000	0,2500	0,50
0,40	0,1600	0,4800	0,3600	0,60
0,30	0,0900	0,4200	0,4900	0,70
0,20	0,0400	0,3200	0,6400	0,80
0,10	0,0100	0,1800	0,8100	0,90
0,05	0,0025	0,0950	0,9025	0,95
0,01	0,0001	0,0198	0,9801	0,99

Знание генетической структуры в селекционной практике имеет существенное значение, особенно если в популяции систематически появляются особи с аномалиями, имеющими наследственную обусловленность. При этом важно определить частоту данной патологии, динамику ее распространения по поколениям или уменьшение ее частоты при проведении отбора, направленного на устранение аномального признака. Это особенно необходимо при работе с племенными стадами животных, влияние которых распространяется на породу в целом и на практические результаты работы. Проще всего определить генетическую структуру популяции, если в ней встречаются особи с фенотипически легко выявляющимися рецессивными гомозиготными генотипами, например « aa ». В животноводстве к таким относят особей с врожденной слепотой, альбинизмом, аномалиями скелета и другими нежелательными признаками. Но возможны и рецессивные гомозиготные признаки, которые соответствуют целям селекции, например многообразные вариации окраски меха у пушных зверей и кроликов, оперения у птиц, масти лошадей и крупного рогатого скота, укороченность ног у такс, мопсовидность у японских болонок. Следовательно, в зависимости от целей селекции к рецессивным генотипам в популяции следует применять методы для их устранения или закрепления.

Контрольные вопросы

1. Основные свойства генетической (панмиктической) популяции.
2. Какими параметрами характеризуется генетическая структура популяции?
3. Каковы причины нарушения генетического равновесия?
4. Какой формулой определяется структура популяции?

5. Факторы, влияющие на структуру популяции.
6. Что такое популяция?
7. Чем отличаются панмиктические популяции от популяций сельскохозяйственных животных?
8. Как вычисляют частоты фенотипов и генотипов?
9. Как вычисляют частоты аллелей?
10. В чем заключается основной смысл закона Харди-Вайнберга для панмиктической популяции?
11. Какое значение для практики животноводства имеет закон Харди-Вайнберга?
12. В чем заключается генетическое равновесие популяции? Привести пример.
13. Какое влияние на генетическую структуру популяции оказывает мутационный процесс?

Задания

1. У крупного рогатого скота и свиней водянка головного мозга (гидроцефалия) обусловлен геном «с», ген «С» не вызывает данную аномалию. В стаде айрширского скота среди 1000 новорожденных телят 4 были мертворожденными с водянкой головного мозга. Какова частота доминантного гена «С», рецессивного гена «с» и генотипов «СС», «Сс» и «сс»?

2. У крупного рогатого скота шортгорнской породы встречаются три масти: красная «RR», чалая «Rr» и белая «rr». В стаде шортгорнского скота обнаружено 417 красных, 378 чалых и 76 белых коров. Определите частоту гетерозигот «Rr» и частоту доминантного «R» и рецессивного «r» аллелей.

3. У каракульских овец серая окраска шерсти (ген «С») доминирует над черной (ген «с», гомозиготные ягнята «СС» гибнут от тимпаний, после отъема их от матерей (недоразвитие рубца).

В отаре каракульских овец насчитывается 536 серых и 272 черных особей. Определите, какова частота генотипов «Сс» и «сс»?

4. У карпа чешуйчатость (ген «а») доминирует над голостью (ген «А»). Особи с генотипами «АА» гибнут в результате летального действия гена «А» в гомозиготном состоянии. В сеть попало 328 чешуйчатых и 222 голых карпа. Определите: а) какова чешуйчатость у карпов; б) какова частота гетерозигот «Аа», доминантного гена «А» и рецессивного гена «а».

5. В популяции каракульских овец обнаружено 729 овец с нормальными ушами, 111 короткоухих и 4 безухих. Соответствует данное соотношение фенотипов закону Харди-Вайнберга?

6. У крупного рогатого скота заболевание порфирия (накопление красного пигмента в костях) обусловлено геном «р», доминантный ген «Р» не вызывает данного заболевания. В стаде шортгорнского скота среди 1120 животных обнаружено 40 коров, страдающих от порфирии. Какова доля здоровых, носителей и больных животных в популяции?

7. Бесшерстность у крупного рогатого скота обусловлена рецессивным

геном «*d*», а его доминантный аллель «*D*» обеспечивает нормальный шерстный покров. В стаде черно-пестрого скота из 620 полученных за год телят 6 оказались бесшерстными и погибли от переохлаждения. Какова частота бесшерстных телят в стаде. Какова частота доминантного и рецессивного аллелей «*d*» и «*D*»?

8. В стаде крупного рогатого скота численностью 600 голов черных оказалось 480, красных 120. Черная масть доминирует над красной. Сколько черных особей имеют гетерозиготный генотип?

9. У крупного рогатого скота комолость ген «*P*» доминирует над рогатостью ген «*p*». В популяции, состоящей из 1000 голов, 300 являются безрогими. Какова доля особей с генотипами «*PP*», «*Pp*» и «*pp*»?

10. Доля особей с генотипом «*AA*» 0,36. Чему равна доля особей с генотипами «*Aa*» и «*aa*»?

11. В стаде крупного рогатого скота, насчитываются 620 голов – 430 имеют черную масть, остальные красную. Каков процент животных с гетерозиготным генотипом среди особей черной масти?

12. На кролиководческой ферме среди молодняка кроликов породы шиншила из 5437 особей 19 оказались альбиносами. Определить частоты альбинизма у шиншиллы по формуле Харди-Вайнберга. Какова частота гетерозигот, допуская, что популяция находится в состоянии равновесия?

13. В популяции особи с генотипом «*AA*» составляют 10 %, с генотипом «*aa*» – 90 %. Показать, что в условиях панмиксии в первом же поколении возникает равновесие генотипов «*AA*», «*Aa*» и «*aa*» согласно закону Харди-Вайнберга. Какова частота этих генотипов после установления равновесия?

14. Атрезия (отсутствие) анального отверстия у свиней и крупного рогатого скота обусловлено рецессивным геном «*a*», доминантный ген «*A*» вызывает нормальное развитие ануса. На свиноводческой ферме из 1020 поросят 23 оказались с атрезией ануса. Какое соотношение генотипов и будет ли оно соответствовать теоретически ожидаемому по формуле Харди-Вайнберга?

15. У норок серебристо-соболиная окраска контролируется доминантным геном «*F*», но в гомозиготном состоянии «*FF*» имеет летальное действие. Коричневая окраска обусловлена геном «*f*». На ферме имеется 920 голов коричневых и 80 серебристо-соболиных норок. Определить частоту генов «*F*» и «*f*». Определить частоту возможных генотипов при условии случайного спаривания лисиц с серебристо-соболиной окраской и коричневых.

16. Контрактура мышц у крупного рогатого скота обусловлена рецессивным геном «*c*», ген «*C*» вызывает нормальное развитие. В одном стаде из 376 родившихся за год телят у 9 была контрактура мышц. Определить частоту заболевания контрактурой мышц в стаде. Определить частоты рецессивного гена «*c*», вызывающего болезнь и его аллеля «*C*». Какова частота гетерозиготных телят «*Cc*»?

17. У кроликов окраска волосяного покрова «шиншила» (ген «*cch*»)

доминирует над альбинизмом (ген «*ca*»). Гетерозиготы «*ссh ca*» имеют светло-серую окраску. На кролиководческой ферме среди молодняка кроликов шиншилла произошло выщепление альбиносов. Из 5400 крольчат 17 оказались альбиносами. Пользуясь формулой Харди-Вайнберга, выясните, сколько было получено гомозиготных крольчат шиншилла.

18. В свободно размножающейся популяции доля особей «*AA*» равна 0,81. Какая часть должна быть гетерозиготной «*Aa*»? Вычислите это, используя формулу Харди-Вайнберга.

19. Изучая распространение безухости в популяции каракульских овец, Б.Н. Васин установил по гену безухости следующее соотношение генотипов: 729«*AA*»+111«*Aa*»+4«*aa*». Соответствует ли это соотношению теоретически ожидаемому, рассчитанному по формуле Харди-Вайнберга?

20. Какова концентрация доминантного гена «*R*» (при условии применимости закона Харди-Вайнберга), если гомозиготы по рецессивному гену «*r*» составляют такой процент от всей популяции: 49, 36, 25, 4? Определите генетическую структуру этих популяций.

21. У крупного рогатого скота гидроцефалия (водянка головного мозга) приводит к смерти телят на 2-3 день жизни. Заболевание обусловлено действием аутосомного рецессивного гена. На одной из ферм из 600 родившихся телят 3 погибли от гидроцефалии. Пользуясь формулой Харди-Вайнберга, определите количество телят-носителей гена данного заболевания.

22. У крупного рогатого скота сплошная окраска (ген «*C*») доминирует над пестрой (ген «*c*»). В популяции беспородного скота, насчитывающей 940 голов, 705 животных имели черно-пеструю масть и 235 – сплошную черную. Пользуясь формулой Харди-Вайнберга, определите частоту фенотипов и концентрацию генов «*C*» и «*c*».

23. У крупного рогатого скота черная масть (ген «*A*») доминирует над красной (ген «*a*»). В популяции ярославского скота, состоящей из 850 животных, 799 имели черную масть и 51 – красную. Определите частоту фенотипов, концентрацию генов «*A*» и «*a*» и структуру популяции по генотипам.

24. У крупного рогатого скота шортгорнской породы было установлено следующее расщепление по масти: 4169 красных, 3780 чалых и 756 белых особей. Красная масть обусловлена геном «*R*», белая – геном «*r*». У гетерозигот формируется чалая масть. Определите концентрацию генов «*R*» и «*r*» и теоретически ожидаемое, рассчитанное по формуле Харди-Вайнберга, соотношение генотипов.

25. В стаде 100 голов скота, из них 10 с рецессивной красной мастью. Сколько животных будет черных (отдельно гетеро- и гомозиготных) по доминантным генам.

26. Распределение генотипов в популяции (100 голов) было следующим: «*AA*»=46; «*Aa*»=16; *aa*=38. Будет ли такая популяция находиться в равновесии? При каком соотношении разных генотипов популяция может быть в равновесии согласно закону Харди-Вайнберга?

27. В популяции обнаружено следующее соотношение генотипов: $36AA+48Aa+16aa$. Определить частоту генов «*A*» и «*a*».

28. В популяции лис на каждые 10000 особей встречалось 9991 рыжих и 9 белых. Белая масть рецессивна. Определить структуру популяции по закону Харди-Вайнберга.

29. Частота генотипа: $HH-0,16$; $Hh-0,48$; $hh-0,86$. Определить концентрацию генов «*H*» и «*h*»?

31. Популяция состоит из 80 % особей с генотипом *AA* и 20 % – с генотипом «*aa*». Определить в долях единицы частоты генотипов «*AA*», «*Aa*» и «*aa*» после установления равновесия в популяции.

32. Популяция состоит из 60 % особей с генотипом «*MM*» и 40 % – с генотипом «*mm*» Определить в долях единицы частоты генотипов «*MM*» в соответствии с формулой Харди-Вайнберга

33. Вычислить частоты генотипов «*Aa*», «*AA*» и «*aa*» (в %), если гомозиготные особи «*aa*» составляют в популяции – 1 %.

Приложение

Таблица 19 – Стандартные значения критерия Фишера

$V_1 \backslash V_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	167,5 34,1 10,1	148,5 30,8 9,6	141,1 29,5 9,3	137,1 28,7 9,1	134,6 28,2 9,0	132,9 27,9 8,9	131,8 27,7 8,9	130,6 27,5 8,8	130,0 27,4 8,8	129,5 27,2 8,8	128,9 27,1 8,8	128,3 27,1 8,7
4	74,1 21,2 7,7	61,2 18,8 6,9	56,1 16,7 6,6	53,4 16,0 6,4	51,7 15,5 6,3	50,5 15,2 6,2	49,8 15,0 6,1	49,0 14,8 6,0	48,6 14,7 6,0	48,2 14,7 6,0	47,8 14,5 5,9	47,4 14,4 5,9
5	47,0 16,3 6,6	36,6 13,3 5,8	33,2 12,1 5,4	31,1 11,4 5,2	29,8 11,0 5,1	28,8 10,7 5,0	28,2 10,5 4,9	27,6 10,3 4,8	27,3 10,2 4,8	27,0 10,1 4,7	26,7 10,0 4,7	26,7 9,9 4,7
6	35,5 13,4 6,0	27,0 10,9 5,1	23,7 9,8 4,8	21,9 9,2 4,5	20,8 8,8 4,4	20,0 8,5 4,3	19,5 8,3 4,2	19,0 8,1 4,1	18,8 8,0 4,1	18,5 7,9 4,1	18,3 7,8 4,0	18,0 7,7 4,0
7	29,2 12,3 5,6	21,7 9,6 4,7	18,8 8,5 4,4	17,2 7,9 4,1	16,2 7,5 4,0	15,5 7,2 3,9	15,1 7,0 3,8	14,6 6,8 3,7	14,4 6,7 3,7	14,2 6,6 3,6	13,9 6,5 3,6	13,7 6,4 3,6
8	25,4 11,3 5,3	18,5 8,7 4,6	15,8 7,6 4,1	14,4 7,0 3,8	13,5 6,6 3,7	12,9 6,4 3,6	12,5 6,2 3,5	12,0 6,0 3,4	11,8 5,9 3,4	11,6 5,8 3,3	11,4 5,7 3,3	11,2 5,7 3,3
9	22,9 10,6 5,1	16,4 8,0 4,8	13,9 7,0 3,6	12,6 6,4 3,6	11,7 6,1 3,5	11,1 5,8 3,4	10,8 5,6 3,3	10,4 5,5 3,2	10,2 5,4 3,2	10,0 5,3 3,1	9,8 5,2 3,1	9,6 5,1 3,1
10	21,0 10,0 5,0	14,9 7,9 4,1	12,3 6,6 3,7	11,3 6,0 3,5	10,5 5,6 3,3	9,9 5,4 3,2	9,6 5,2 3,1	9,2 5,1 3,1	9,0 5,0 3,0	8,9 4,9 2,9	8,7 4,8 2,9	8,5 4,7 2,9

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	19,7	13,8	11,6	10,4	9,6	9,1	8,8	8,4	8,2	8,0	7,8	7,6
	9,7	7,2	6,2	5,7	5,3	5,1	4,9	4,7	4,6	4,5	4,5	4,4
	4,8	4,0	3,6	3,4	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8
12	18,6	12,3	10,8	9,6	8,9	8,4	8,1	7,7	7,5	7,4	7,2	7,0
	9,3	6,9	6,0	5,4	5,1	4,8	4,7	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2
	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7
13	17,8	12,3	10,2	9,1	8,4	7,9	7,6	7,2	7,0	6,9	6,7	6,5
	9,1	6,7	5,7	5,2	4,9	4,6	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	4,0
	4,7	3,8	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6
14	17,1	11,8	9,7	8,6	7,9	7,4	7,1	6,8	6,6	6,5	6,3	6,1
	8,9	6,5	5,6	5,0	4,7	4,5	4,3	4,1	4,0	3,9	3,9	3,8
	4,6	3,7	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5
15	16,6	11,3	9,3	8,3	7,6	7,1	6,8	6,5	6,3	6,2	6,0	5,8
	8,7	6,4	5,4	4,9	4,6	4,3	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6
	4,5	3,7	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5
16	16,1	11,0	9,0	7,9	7,3	6,8	6,5	6,2	6,1	5,9	5,8	5,6
	8,5	6,2	5,3	4,8	4,4	4,2	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
	4,5	3,6	3,2	3,0	2,9	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4
17	15,7	10,7	8,7	7,7	7,0	6,6	6,3	6,0	5,8	5,7	5,5	5,3
	8,4	6,1	5,1	4,7	4,3	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5
	4,5	3,6	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4
18	15,4	10,4	8,5	7,5	6,8	6,4	6,1	5,8	5,6	5,5	5,3	5,1
	8,3	6,0	5,1	4,6	4,2	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4
	4,4	3,5	3,2	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3
19	15,1	10,2	8,3	7,3	6,6	6,2	5,9	5,6	5,5	5,3	5,2	5,0
	8,2	5,9	5,0	4,5	4,2	3,9	3,8	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3
	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3
20	14,8	10,0	8,1	7,1	6,5	6,0	5,7	5,4	5,3	5,1	5,0	4,8
	8,1	5,8	4,9	4,4	4,1	3,9	3,7	3,6	3,4	3,4	3,3	3,2
	4,3	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3

Продолжение												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	14,6	9,8	7,9	7,0	6,3	5,9	5,6	5,3	5,2	5,0	4,9	4,7
	8,0	5,8	4,9	4,4	4,0	3,8	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,2
	4,3	3,5	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2
22	14,4	9,6	7,8	6,8	6,2	5,8	5,5	5,2	5,1	4,9	4,8	4,6
	7,9	5,7	4,8	4,3	4,0	3,8	3,6	3,4	3,3	3,3	3,2	3,1
	4,3	3,4	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2
23	14,2	9,5	7,7	6,7	6,1	5,6	5,4	5,1	5,0	4,8	4,7	4,5
	7,9	5,7	4,8	4,8	4,0	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1
	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
24	14,0	9,3	7,6	6,6	6,0	5,6	5,3	5,0	4,9	4,7	4,6	4,4
	7,8	5,6	4,7	4,2	3,9	3,7	3,5	3,4	3,2	3,2	3,1	3,0
	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
25	13,9	9,2	7,5	6,5	5,9	5,5	5,2	4,9	4,8	4,6	4,5	4,3
	7,8	5,6	4,7	4,2	3,9	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0
	4,2	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
26	14,8	10,0	8,1	7,1	6,5	6,0	5,7	5,4	5,3	5,1	5,0	4,8
	8,1	5,8	4,9	4,4	4,1	3,9	3,7	3,6	3,4	3,4	3,3	3,2
	4,3	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
27	13,6	9,0	7,3	6,3	5,7	5,3	5,1	4,8	4,7	4,5	4,4	4,2
	7,7	5,5	4,6	4,1	3,8	3,6	3,4	3,3	3,1	3,1	3,0	2,9
	4,2	3,3	3,0	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1
28	13,5	8,9	7,2	6,3	5,7	5,2	5,0	4,7	4,6	4,4	4,3	4,1
	7,6	5,4	4,6	4,1	3,8	3,5	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9
	4,2	3,3	2,9	2,7	2,6	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
29	13,4	8,9	7,1	6,2	5,6	5,2	5,0	4,7	4,6	4,4	4,3	4,1
	7,6	5,4	4,5	4,0	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9
	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
30	13,3	8,8	7,1	6,1	5,5	5,1	4,9	4,6	4,5	4,3	4,2	4,0
	7,6	5,4	4,5	4,0	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8
	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32	13,2 7,5 4,1	8,7 5,3 3,3	7,0 4,5 2,9	6,0 4,0 2,7	5,4 3,7 2,5	5,0 3,4 2,4	4,8 3,2 2,3	4,5 3,1 2,2	4,4 3,0 2,2	4,2 2,9 2,2	4,1 2,9 2,1	3,9 2,8 2,1
34	13,1 7,4 4,1	8,6 5,3 3,3	7,0 4,4 2,9	6,0 3,9 2,7	5,4 3,6 2,5	5,0 3,4 2,4	4,8 3,2 2,3	4,5 3,1 2,2	4,4 3,0 2,2	4,2 2,9 2,1	4,1 2,8 2,1	3,9 2,8 2,1
36	13,0 7,4 4,1	8,6 5,2 3,3	6,9 4,4 2,9	5,9 3,9 2,6	5,3 3,6 2,5	4,9 3,3 2,4	4,7 3,2 2,3	4,4 3,0 2,2	4,3 2,9 2,1	4,1 2,9 2,1	4,0 2,8 2,1	3,8 2,7 2,0
38	12,9 7,3 4,1	8,5 5,2 3,2	6,9 4,3 2,8	5,8 3,9 2,6	5,3 3,5 2,5	4,9 3,3 2,3	4,7 3,1 2,3	4,4 3,0 2,2	4,3 2,9 2,1	4,1 2,8 2,1	4,0 2,7 2,1	3,8 2,7 2,0
40	12,8 7,3 4,1	8,4 5,2 3,2	6,7 4,3 2,8	5,8 3,8 2,6	5,2 3,5 2,4	4,8 3,3 2,3	4,6 3,1 2,2	4,3 3,0 2,2	4,2 2,9 2,1	4,0 2,8 2,0	3,9 2,7 2,0	3,7 2,7 2,0
42	12,7 7,3 4,1	8,3 5,1 3,2	6,7 4,3 2,8	5,7 3,8 2,6	5,2 3,5 2,4	4,8 3,3 2,3	4,6 3,1 2,2	4,3 3,0 2,2	4,2 2,9 2,1	4,0 2,8 2,1	3,9 2,7 2,0	3,7 2,6 2,0
44	12,5 7,2 4,1	8,2 5,1 3,2	6,6 4,3 2,8	5,6 3,8 2,6	5,1 3,5 2,4	4,7 3,2 2,3	4,5 3,1 2,2	4,2 2,9 2,2	4,1 2,8 2,1	3,9 2,7 2,0	3,8 2,7 2,0	3,6 2,6 2,0
46	12,4 7,2 4,0	8,1 4,1 3,2	6,5 4,2 2,8	5,6 3,8 2,6	5,0 3,4 2,4	4,6 3,2 2,3	4,4 3,0 2,2	4,1 2,9 2,1	4,0 2,8 2,1	3,8 2,7 2,0	3,7 2,6 2,0	3,5 2,6 2,0
48	12,3 7,2 4,0	8,1 5,1 3,2	6,4 4,2 2,8	5,5 3,7 2,6	5,0 3,4 2,4	4,6 3,2 2,3	4,4 3,0 2,2	4,1 2,8 2,1	4,0 2,8 2,1	3,8 2,7 2,0	3,7 2,6 2,0	3,5 2,6 2,0
50	12,2 7,2 4,0	8,0 5,1 3,2	6,4 4,2 2,8	5,4 3,7 2,6	4,9 3,4 2,4	4,5 3,2 2,3	4,3 3,0 2,2	4,0 2,9 2,1	3,9 2,8 2,1	3,7 2,7 2,0	3,6 2,6 2,0	3,4 2,6 1,9

Продолжение												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	12,1	7,9	6,3	5,4	4,9	4,5	4,3	4,0	3,9	3,7	3,6	3,4
	7,1	5,0	4,1	3,7	3,4	3,1	3,0	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5
	4,0	3,2	2,8	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9
60	12,0	7,8	6,2	5,3	4,8	4,4	4,2	3,9	3,8	3,6	3,5	3,3
	7,1	5,1	4,1	3,6	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5
	4,0	3,1	2,8	2,5	2,4	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9
65	11,9	7,7	6,1	5,2	4,7	4,3	4,1	3,8	3,7	3,5	3,4	3,2
	7,0	5,0	4,1	3,6	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5
	4,0	3,1	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9

Краткий терминологический словарь

1. Аллели – различные изменения одного и того же гена в результате мутации.
2. Аллель – одна из пары форм гена, имеющая определенную локализацию на хромосоме.
3. Биометрия – наука о статистическом анализе групповых свойств в биологии.
4. Вероятность – объективная возможность наступления какого-либо события.
5. Варианта – величина признака у отдельной особи.
6. Выборка – случайно отобранная часть особей из генеральной совокупности.
7. Вариационный ряд – это ряд вариантов расположенных в определенной последовательности.
8. Генеральная совокупность – массив животных (живых организмов), который интересует исследователя.
9. Генотип – комплекс наследственных задатков организма.
10. Генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов и закономерностях наследования признаков.
11. Квадрант – любая из 4-х частей на которые плоскость делится двумя взаимно перпендикулярными прямыми.
12. Критерий – отличительный признак, мерило чегонибудь.
13. Корреляции коэффициент – мера зависимости двух варьирующих свойств.
14. Метод – способ, прием исследования, подход к изучаемым явлениям.
15. Методика – совокупность способов целесообразного проведения какой-либо работы.
16. Наследование – процесс передачи генетической информации от одного поколения другому.
17. Наследственность – свойства организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями.
18. Наследуемость – относительная доля наследственной изменчивости в общей фенотипической изменчивости признака.
19. Повторяемость – степень совпадения величины признака продуктивности у животных в разные периоды жизни.
20. Популяция – часть вида, населяющая определенную территорию и размножающаяся внутри себя.
21. Признак – единица морфологической, физиологической или биохимической дискретности (прерывности, отдельности) организма.
22. Селекция – выведение новых и улучшение существующих пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов путем искусственного отбора, мутагенеза, гибридизации, генной и клеточной инженерии.

23. Селекционный дифференциал – это разница между отобранными особями по селекционному признаку и средним значением данного признака по стаду, линии.
24. Средняя арифметическая – основной параметр, характеризующий совокупность изучаемого признака.
25. Среднее квадратическое отклонение позволяет судить о степени разнообразия признака в абсолютных величинах.
26. Статистика – количественный учет массовых явлений.
27. Фенотип – совокупность признаков и свойств организма, развивающихся при взаимодействии генотипа и внешней среды.
28. Эффект селекции – величина изменения признака под влиянием селекции за одно или несколько поколений.

Буквенные обозначения

- P – вероятность.
 n – число наблюдений в выборке.
 N – число наблюдений в генеральной совокупности.
 V – варьирующий признак или варианты.
 \bar{X} – средняя арифметическая.
 $\bar{X}_{\text{взв.}}$ – средневзвешенная арифметическая.
 K – величина класса (классового промежутка).
 l – число классов в вариационном ряду.
 D – разность между максимальным и минимальным значением варьирующего признака.
 A – условная средняя.
 a – условное отклонение классов от условной средней.
 δ – среднее квадратическое отклонение.
 C – дисперсия.
 δ^2 – варианса (девиата)
 C_V – коэффициент изменчивости.
 ν – число степеней свободы.
 f – частоты.
 r – коэффициент корреляции между количественными признаками.
 m – статистическая ошибка.
 t_d – критерий достоверности.
 F – критерий достоверности Фишера.
 n_i – частное число наблюдений по градациям.
 k – поправочный коэффициент, корректирующий дисперсию неортогонального комплекса.
 n_x – число наблюдений по градациям комплекса.
 χ^2 – критерий совпадения наблюдаемых частот с теоретическими.
 A, a – аллели.
 p, g – доля или частота встречаемости аллеля.
 h^2 – коэффициент наследуемости.
 r_w – коэффициент повторяемости.
 S – селекционный дифференциал.
 i – интенсивность селекции.
 J – число лет между поколениями.

Литература

1. Аранди П.Я. Ускоренный метод изучения структуры рационов молочных коров. – Вестник с.-х. науки, 1962, №8. - С. 132-137
2. Бакай А.В., Кочиш И.И., Скрипниченко Г.Г. Генетика. – М.: КолосС, 2007. – 448 с.
3. Жариков Е.С. Гносеологическое значение проблемы. В кн.: Проблемы мышления в современной науке.- М.: 1964. – С. 227- 244.
4. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. – СПб.: изд-во Н-Л., 2010. – 360 с.
5. Карманова Е.П., Болгов А.Е. Практикум по генетике. – Петрозаводск, 2004. – 200 с.
6. Ларцева С.Х., Муксинов М.К. Практикум по генетике. – М.: Агропромиздат, 1985. – 88 с.
7. Менделеев Д.И. Сочинения.- Л.- М.: Изд-во АН СССР, 1954, Т. 24.-103 с.
8. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1970. – 424 с.
9. Павлов И.П. Полное собрание сочинений.- М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. Изд. 2, доп. Т.6.- 462 с.
10. Петухов В.Л., Жигачев А.И., Назарова Г.А. Ветеринарная генетика. – М.: Колос, 1996. – 384 с.
11. Попов И.С. Методика зоотехнических опытов.- М.-Л.: Гос. изд., 1925.- 196 с.
12. Соболев А.Д. Основы вариационной статистики. – М.: МГАВМиБ им. К.И.Скрябина, 2003. – 182 с.
13. Сперанский А.Д. Избранные труды.- М.: Медгиз, 1955.- 583 с.
14. Яковенко А.М., Антоненко Т.И. Практикум по генетике. – Ставрополь, «Агрус», 2007. – 203 с.
15. Тимирязев К.А. Избранные сочинения в четырех томах. Т.1. Солнце, жизнь и хлорофилл. Публичные лекции, речи и научные исследования.- М.: Сельхозгиз, 1948. – 695 с.