

**Е. К. МЕРКУРЬЕВА,
Г. Н. ШАНГИН-БЕРЕЗОВСКИЙ**

**ГЕНЕТИКА
С ОСНОВАМИ
БИОМЕТРИИ**

**УЧЕБНИК И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ СЕЛ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**Е. К. МЕРКУРЬЕВА,
Г. Н. ШАНГИН-БЕРЕЗОВСКИЙ**

ГЕНЕТИКА С ОСНОВАМИ БИОМЕТРИИ

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальности «Зоотехния»



МОСКВА «К О Л О С» 1983

ББК 45.3

М52

УДК 636.082(075.8)

Рецензенты: академик ВАСХНИЛ *Н. Г. Дмитриев* и профессор *З. В. Абрамова*

Главы I—VII, IX и XVIII написаны кандидатом биологических наук, доцентом *Г. Н. Шангин-Березовским*; главы VIII, X—XIII, XVI и XVII — доктором биологических наук, профессором *Е. К. Меркурьевым*; введение, главы XIV и XV — *Е. К. Меркурьевой* и *Г. Н. Шангин-Березовским* совместно.

Меркурьева Е. К., Шангин-Березовский Г. Н.
М 52 Генетика с основами биометрии. — М.: Колос, 1983. — 400 с., ил. — (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

Учебное пособие предназначено для студентов с.-х. вузов. В него включены новейшие данные в области общей и частной генетики животных. Освещены вопросы наследственности, изменчивости, иммуногенетики.

М $\frac{380401030 \text{ 1—134}}{035(01)—83}$ 224—83

ББК 45.3
636.03

Евгения Константиновна Меркурьева,

Ген Никифорович Шангин-Березовский

ГЕНЕТИКА С ОСНОВАМИ БИОМЕТРИИ

Заведующий редакцией *В. И. Орлов*

Редактор *Л. И. Малова*

Художественный редактор *Б. К. Дормидонтов*

Технические редакторы *В. М. Деева, Н. В. Суржева*

Корректоры: *И. Н. Молодкина, Н. М. Фишкис, О. П. Клинькова*

ИБ № 2951

Сдано в набор 01.02.83. Подписано к печати 05.04.83. Т-00401. Формат 60×90^{1/16}.

Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 25.

Усл. кр.-отт. 25 Уч.-изд. л. 28,96. Изд. № 26. Тираж 30 000 экз. Заказ № 912. Цена 1 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, 113105, Нагатинская ул., д. 1.

© Издательство «Колос», 1983

Генетика — наука о наследственности и изменчивости животных, растений, микроорганизмов и других органических форм. Современная генетика занимает одно из ведущих мест в комплексе биологических наук. Она взаимосвязана с другими науками, черпая из них определенные конкретные данные, характеризующие живые объекты, и используя некоторые методы для исследования. Тесным образом генетика связана с ботаникой и зоологией, которые дают основное фенологическое описание животных и растений, их классификацию. Анатомия, гистология, цитология и физиология позволяют вести генетические исследования со знанием строения и процессов жизнедеятельности особей и дополнительно объяснить их в плане наследственности и изменчивости. Близка связь генетики с биохимией, в которую входит такой раздел, как биохимия нуклеиновых кислот. Нуклеиновые кислоты, в свою очередь, являются предметом генетики, так как несут в себе генетическую информацию организма. Кроме того, генетика опирается на математику, используя биометрию. Ряд методов вошел и используется в генетике из биофизики, иммунологии и других наук.

Научно-познавательное и практическое значение генетики за последние десятилетия значительно возросло. Данные генетики широко внедряются в современную микробиологическую промышленность. Генетика микроорганизмов позволяет в производственных условиях использовать нужные штаммы для получения ряда синтетических продуктов (белки, лекарственные препараты). Актуальными проблемами генетики являются решение продовольственной проблемы, охрана здоровья человека и сельскохозяйственных животных, сохранение целостности биосферы.

К развитию и состоянию генетики многократно привлекалось внимание ученых и специалистов как в отношении роли генетики для народного хозяйства, так и в связи с необходимостью отстаивать материалистические позиции в биологической науке, что находит свое отражение в ряде постановлений партии и правительства. Так, в Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по ускорению развития молекулярной биологии и молекулярной генетики и использованию их достижений в народном хозяйстве» (1974 г.) указывалось на необходимость и важность развития этих направлений в биологии.

На майском (1982 г.) Пленуме ЦК КПСС была одобрена Продовольственная программа СССР до 1990 г., где указано, что необходимо в одиннадцатой пятилетке довести среднегодовое производство мяса до 17—17,5 млн. т, а в двенадцатой — до 20—20,5 млн. т, молока — до 97—99 млн. т и 104—106 млн. т, яиц — до

72 млрд. шт. и 78—79 млрд. шт. соответственно. Для решения этих задач важное значение имеет улучшение племенной работы, совершенствование пород скота и птицы. Селекция — наука о методах создания и совершенствования пород животных — опирается на реальные наследственно обусловленные различия их признаков. В то же время хозяйственно-полезные признаки животного достаточно устойчивы при передаче от поколения к поколению, так как основу этой устойчивости обеспечивает наследственность, присущая данной породе, семейству, особи.

Необходимо помнить, что возможность образования признака, свойства и характерного их проявления может быть обеспечена в том случае, если условия жизни соответствуют природе организма. Из этого следует практически важный вывод: для сельскохозяйственных животных надо создавать соответствующий каждому виду и каждой породе комплекс условий кормления и содержания. Особенно это важно для формирования так называемых количественных признаков животных (живая масса, удой, число снесенных яиц и т. д.).

Зооинженер должен знать основы генетики и творчески использовать свои знания в практической деятельности. Освоение теорий наследственности и изменчивости животных, а также закономерностей, установленных генетикой, дает возможность правильно оценить животных, сделать отбор особей, дающих более ценное потомство, селекционировать желательные признаки и свойства, то есть совершенствовать породы и создавать новые. Это особенно важно сейчас, когда осуществляется перевод многих отраслей сельского хозяйства на промышленную основу, в связи с чем возникает необходимость выведения животных, хорошо приспособленных к новой технологии производства, животных, отличающихся высокой продуктивностью и дающих продукцию высокого качества.

Материалы этого учебника содержат необходимые сведения, которые помогут будущему зооинженеру решать задачи, стоящие перед работниками животноводства.

ПРЕДМЕТ, РАЗВИТИЕ И МЕТОДЫ ГЕНЕТИКИ

Предмет генетики. Генетика — наука о наследственности и изменчивости органических форм: животных, растений, микроорганизмов, вирусов и плазмид.

Под наследственностью понимают свойство живых существ передавать свои признаки и особенности потомству. Благодаря наследственности создается материальная и функциональная преемственность между поколениями. Это обеспечивает устойчивое сохранение в поколениях сходства потомков с предками не только в целом, но и до мельчайших признаков и свойств сохраняются специфические особенности развития, присущие виду и особи. *Под изменчивостью понимают различия между животными одного вида или между родственными особями по ряду признаков и свойств.* Различия могут быть обусловлены несходством наследственности или вызваны условиями внешней среды, которая влияет на реализацию наследственных возможностей.

Изучение наследственности и изменчивости осуществляется современной генетикой на сообществах организмов, у отдельных особей — на тканевом и клеточном уровнях, на органеллах клеток и прежде всего хромосомах ядра, на молекулярном уровне (это изучение нуклеиновых кислот — ДНК, РНК).

От наследственности следует отличать понятие наследования, то есть процесс передачи признаков и свойств родителями потомкам. От поколения к поколению передаются не признаки, а наследственный материал — генетическая основа признаков и свойств. Поэтому наследование признаков — это, с одной стороны, передача от родителей потомкам генетических структур, а с другой — воспроизведение признаков предков в ходе развития их потомков, то есть реализация наследственности в следующем поколении.

Генетика изучает наследственность и изменчивость не только на уровне видимых признаков и свойств, но и на молекулярном уровне самих наследственных структур. В этом она опирается на достижения других биологических наук, таких, как биохимия нуклеиновых кислот и молекулярная биология. Известно, что наследственный материал клетки и неклеточных существ (вирусов и плазмид) представлен биологическими полимерами — нуклеиновыми кислотами. Нуклеиновые кислоты обладают высокой устойчивостью и воспроизводятся в клетке почти с абсолютной степенью точности, что и обеспечивает полное воспроизведение в поколениях наследственно обусловленных признаков и свойств.

Генетика изучает строение и функцию наследственного материала и рассматривает нуклеиновые кислоты как генетическую си-

стему, состоящую из наследственных единиц — генов, контролирующих развитие конкретных признаков клетки и организма. Генетика устанавливает связь строения того или иного участка нуклеиновой кислоты (гена) с наличием определенного признака или свойства. С помощью молекулярной биологии генетика выясняет процессы действия гена на молекулярном уровне, этапы перехода наследственной информации о характере признака от гена до развития этого признака.

В разных условиях среды результат действия гена может быть неодинаков. Кроме того, под влиянием внешних факторов может произойти *мутация*, то есть изменение самого гена, которая стойко наследуется в поколениях. Генетика изучает причины изменчивости, как те, которые, не изменяя гена, оказывают влияние на выражение признака, так и те, которые изменяют признак в результате изменения гена. Последнее важно не только для практических целей, но и для понимания того, как идет процесс эволюции организмов.

Изучение наследственности и изменчивости невозможно без анализа характера онтогенеза (индивидуальное развитие) животных в нормальных и в аномальных, не соответствующих норме условиях среды. Необходимость такого исследования привела к появлению генетики развития, а также патогенетики, изучающей действие генов в аномальных условиях существования и патологическое действие некоторых мутаций.

Этапы становления и развития генетики. Генетика как самостоятельная наука стала развиваться с 1900 г., когда были опубликованы работы Г. де Фриза, К. Корренса и Э. Чермака по закономерностям наследования признаков, в которых были переоткрыты законы, установленные в 1865 г. Г. Менделем. По предложению В. Бэтсона в 1907 г. наука о наследственности получила название «Генетика».

Немаловажную роль в становлении и развитии генетики сыграла практика разведения домашних животных и культивирования растений. В XIX в. успехи этой практики выразились в интенсивном создании новых пород животных и сортов растений, для чего широко использовались скрещивание наследственно разных форм, искусственный отбор и различные методы родственного и неродственного подбора. Можно выделить следующие этапы, характеризующие становление и развитие генетики:

доменделевский период формирования генетических представлений (до 1865 г.);

период до переоткрытия законов Г. Менделя (1865—1900);

период классической генетики (1900—1953);

этап современной генетики (с 1953 г. до настоящего времени).

Для каждого из периодов характерны свои система, объекты и методы исследований. Однако общим для всех периодов является то, что процесс познания проходил от понимания более простых проявлений наследственности и изменчивости к более сложным и углубленным.

Доменделевский период формирования генетических представлений. Практика выведения пород и сортов приводила к необходимости познания явления наследственности и закономерности ее проявления у потомства, полученного при разведении животных и растений.

Научные основы, которые позволили подойти к изучению наследственности, были заложены уже в ранних работах Р. Камерариуса (1694 г.), открывшего пол у растений. Решающими были опыты И. Кельрейтера (1761 и далее до 1793 г.), который получил гибриды 54 видов растений и показал, что пыльца передает наследственные признаки потомству столь же успешно, как и материнское растение. Эти работы приблизили науку к пониманию того, что потомок получает наследственные факторы в равном количестве от каждого из родителей. И. Кельрейтер установил факт возврата признаков гибрида к исходной родительской форме. Следовательно, появились первые данные о том, что наследственные факторы, в дальнейшем названные генами (В. Иоганнсен, 1909), имеют дискретную, целостную природу и сохраняются неизменными в ряду поколений. В эпоху классической генетики такое явление получило название чистоты гамет.

Большое значение для развития учения о наследственности и изменчивости организмов имели работы Ч. Дарвина, в которых была показана роль наследственности, изменчивости и отбора в процессе эволюции вида и при совершенствовании домашних животных и культурных растений.

Идеи о дискретной, корпускулярной природе наследственных факторов были высказаны в дальнейшем рядом исследователей XIX в. (Г. Спенсер, А. Вейсман и др.). Г. Спенсер пришел к выводу о том, что эти факторы должны быть способны к самовоспроизведению, точному самокопированию. Ч. Дарвин выдвинул гипотезу пантегенезиса, согласно которой признаки потомка определяются геммулами — дискретными частицами, которые поступают из разных участков тела родителей в их половые клетки и затем передаются потомкам.

Экспериментальное доказательство дискретной природы наследственности было впервые представлено Г. Менделем: в 1865 г. он опубликовал данные об открытых им закономерностях наследования признаков. Осуществляя скрещивание разных сортов гороха, Г. Мендель установил, что признаки обуславливаются наследственными факторами, эти факторы неизменны, несмотря на их взаимное влияние, и остаются такими в ряде поколений. 1865 год справедливо считают годом основания научной генетики, хотя открытие Г. Менделя не было понято современниками, а свое название «генетика» наука получила много позднее (В. Бэтсон, 1907).

Развитие представлений о наследственности в период до перерыва развития законов Г. Менделя. Последняя четверть XIX в. ознаменовалась бурным развитием науки и техники. Усовершенствование методов микроскопирования позволило биологам изучить су-

щественные детали клеточного деления, а также процессов образования зародышевых клеток и оплодотворения. Были открыты хромосомы ядра и его непрямоe деление — митоз (И. Д. Чистяков, 1874), показано, что разные виды имеют неодинаковое, но постоянное для них число и индивидуальный характер хромосом.

В 80-е годы прошлого столетия Т. Бовери, Е. Ван-Бенеден и другие исследователи установили, что в зародышевых клетках число хромосом составляет половину от их набора в ядрах соматических клеток. В эти же годы А. Вейсманом была детально разработана теория зародышевой плазмы, то есть таких наследственных структур, которые, согласно А. Вейсману, локализованы в хромосомах, сохраняются неизменными и воспроизводятся такими же в последующих поколениях при делениях клеток и половом размножении. В 1875 г. О. Гертвиг обнаружил процесс сингамии — слияние ядер яйцеклетки и спермия, завершающее оплодотворение. Существенная особенность этого явления заключается в том, что размеры, форма и физиологическое состояние ядер (пронуклеусов), несмотря на весьма большие различия в размерах спермия и яйцеклетки, совершенно одинаковы.

В результате того, что были выявлены одинаковый размер пронуклеусов, равный набор хромосом в ядре яйцеклетки и спермия, одинаковые форма и размер парных хромосом ядра оплодотворенной яйцеклетки (зиготы), появилась возможность по-новому понять установленный И. Кельрейтером факт равной способности материнского и отцовского организма передавать свои признаки потомству. Наследственная основа признаков, другими словами — гены, находится в хромосомах клеточного ядра, и каждый из родителей передает потомку половину своего набора хромосом. Однако, чтобы эта истина была принята биологической наукой, необходимо было вновь обнаружить в опыте закономерности наследования, открытые в свое время Г. Менделем, не понятые и не получившие при его жизни широкой известности.

Период классической генетики. В 1900 г. ученые Г. де Фриз (Голландия), К. Корренс (Германия) и Э. Чермак (Австрия) независимо друг от друга сообщили о том, что в их экспериментах на растениях были выявлены закономерности наследования, которые открыл до этого Г. Мендель. С этого времени начинается период развития науки о наследственности. Выводы Г. Менделя были подтверждены на ряде объектов, а открытые им закономерности получили название законов наследования. Работа Менделя «Опыты над растительными гибридами» была переведена на многие языки. В России была опубликована (1912 г.) книга Е. А. Богданова «Менделизм».

В первые десятилетия XX в. было установлено существование материальных единиц наследственности — генов, описаны свойства генов и выявлены виды их взаимодействия, что дополнило правила наследования, описанные Г. Менделем. Т. Г. Морган в 10-е годы нашего столетия разработал хромосомную теорию наследственности, доказав экспериментально линейное расположение ге-

нов в хромосомах и предложив метод картирования хромосом, то есть выявления в них местоположения генов. Основным объектом для генетических работ этого периода служила плодовая мушка — дрозофила.

В 1901—1903 гг. Г. де Фриз выдвинул теорию мутаций — наследственных изменений признака на основе изменения генов. Суть этой теории (разовый характер мутирования, качественное различие прежней и новой формы гена) сохранилась в науке и до настоящего времени, хотя последующие исследования внесли в теорию ряд существенных дополнений. В частности, было выяснено, что мутацию признака вызывает не только изменение гена, но и изменение отдельных хромосом и их числа в хромосомном наборе.

До работ Г. де Фриза русский ученый С. И. Коржинский привел в своем труде «Гетерогенезис и эволюция» (1899) ряд примеров мутационных изменений, описав характерные для них свойства: внезапность появления и наследуемый характер измененного признака. В нашей стране развитие генетических исследований получило большие возможности при создании кафедр генетики в 1919 г. в Московском и Петроградском университетах, организации Центральной опытной станции по генетике животных и Отдела генетики растений во Всесоюзном научно-исследовательском институте растениеводства.

В 1925 г. Г. А. Надсон и Г. Е. Филиппов показали в опыте на дрожжевых клетках, что лучи радия могут вызвать мутации. В 1927 г. Г. Меллер, используя лучи Рентгена, доказал мутагенный эффект радиации, установив в эксперименте, что частота мутаций у дрозофилы зависит от дозы облучения. Хотя попытки искусственного вызывания мутаций относятся еще к началу нашего столетия, 1927 г. считается началом эпохи экспериментального мутагенеза. В 1946—1947 гг. И. А. Рапопорт (СССР) и Ш. Ауэрбах (Шотландия) независимо друг от друга показали возможность получения мутаций с помощью химических соединений. Было доказано, что причиной мутаций является действие внешних факторов, изменение в среде существования организмов, что имеет значение для эволюционного процесса органического мира.

В 1927 г. Г. Д. Карпеченко сообщил о создании нового вида, полученного в результате скрещивания редьки и капусты. Число хромосом у гибрида было удвоено и представляло два полных набора хромосом исходных форм. Тем самым был открыт один из путей эволюции посредством объединения хромосомных наборов (геномов) разных видов.

Очень важным оказался сформулированный Н. И. Вавиловым (1923) закон гомологических рядов изменчивости, согласно которому спектр наследственной изменчивости признаков у систематически близких форм является сходным или одинаковым. Задолго до открытия роли нуклеиновых кислот в наследственности и воплощенного в их структуре единого кода наследственной инфор-

мации Н. И. Вавилов показал, что изменчивость органического мира происходит на единой материальной основе.

Большое значение в разработке методов управления развитием признаков и изменением наследственности растений имели работы И. В. Мичурина. Впервые им было доказано, что изменение условий среды при выращивании многолетних плодовых растений и прививке является эффективным средством улучшения гибридных растений. И. В. Мичурин — один из пионеров отдаленной гибридизации в практических целях. Им созданы такие новые формы, как церападус (вишне-черемуховый гибрид), вишня Краса севера (гибрид вишни с черешней), ряд сортов яблони, груши и др.

К началу 40-х годов классическая генетика представляла собой научную дисциплину со строго обоснованной системой знаний. Была экспериментально доказана теория, что хромосомы — это наследственные структуры клетки и организма, состоят они из дискретных наследственных единиц — генов, автономных по характеру действия, но взаимодействующих в единой генетической системе. Было также установлено, что хромосомы и, следовательно, гены способны к удвоению, причем исходная хромосома служит матрицей (основой) для создания дочерних копий ее генов. Гены и хромосомы характеризуются высокой степенью постоянства, однако оно относительно, так как могут происходить мутации, причем этот процесс можно вызывать искусственно, используя излучения или химические вещества. В мутациях можно видеть реальный материал для селекции, а в широком плане — материал для эволюции органических форм.

Развитие генетики, как и любой другой науки, происходило неравномерно и противоречиво. Г. де Фриз и В. Бэтсон внесли существенный вклад в развитие генетики. Вместе с тем взгляды этих исследователей на процесс эволюции были противоположны дарвинизму. Как известно, сущность дарвиновского эволюционного учения составляет положение о ведущей роли отбора. Г. де Фриз, В. Бэтсон, а вслед за ними Т. Морган не признавали творческой роли отбора.

Долгое время в генетике господствовало мнение о том, что мутации происходят самопроизвольно, без каких-либо причин. Это вело к недооценке роли внешней среды в формировании признаков, к преувеличению значения в этом процессе самих генов. Было известно, в частности, что близкородственное спаривание (инбридинг животных, инцухт растений) может приводить к появлению в потомстве особей с дефектами развития, пониженной жизнеспособностью, вплоть до гибели в какой-то момент развития. Из этого был сделан вывод о пользе инбридинга для освобождения генной системы животных или растений от неблагоприятных и накопления благоприятных генов. Предполагалось создать путем племennого инбридинга улучшенные сорта растений, повысить племенные качества животных. Однако исследования не дали желаемых результатов, поскольку эффект действия гена зависит от

его сочетания с другими генами и от конкретных условий развития и существования особи.

Представление о гене и его действии долгое время было односторонним, механистическим. Согласно теории автогенеза А. Вейсмана, между неизменной бессмертной зародышевой плазмой и смертным телом — «сомой» существует категорическое различие. Понятое догматически, это положение вело к тому, что ген рассматривали как некую абстрактную единицу, независимо от ее окружения. Заслугой советских генетиков (А. С. Серебровский, Н. П. Дубинин и др.) явилось то, что ими были доказаны в 20-е годы дробимость гена и сложность его системы. Со временем стало очевидно, что целостность и неизменность гена обеспечивается работой клетки, тем самым ген в значительной степени зависит от цитоплазмы, в которой образуется комплекс ферментов и белков, поддерживающих стабильность и возможность действия гена. В последние годы это положение нашло дальнейшее развитие в представлении о гене как биологической системе, органично сопряженной с цитоплазмой системой обратных связей.

Характерное для первых лет классической генетики преувеличение независимости генов от цитоплазмы, а следовательно, от окружающей среды, недооценка творческой роли отбора вели к неверному пониманию сущности эволюционного процесса. Согласно Бэтсону, появление новых форм основано на утрате тех или иных наследственных факторов. С этой точки зрения эволюция представляет развитие от сложного к простому, фактически получается только видимость эволюции, где развитие, как становление нового, подменяется проявлением заранее заданного разнообразия признаков. Из этого следует нелепый вывод, что все богатство признаков существующих форм было уже запрограммировано в наследственности первых форм жизни. По существу, на сходных позициях стоял и Г. де Фриз.

Долгое время генетики сосредотачивали внимание на теоретических изысканиях, эксперименты не выходили за пределы лабораторий. Однако в науке нередко складывается такая ситуация, когда теория не сразу находит практическое применение. Со временем генетика преодолела одностороннее метафизическое представление о гене. Методы генетики оказались полезными не только для развития теории, но и для решения практических задач.

Современный период развития генетики. Современному этапу развития генетики присуще изучение наследственности и ее закономерностей не только на отдельных организмах и цитологических процессах в хромосомных наборах. Наиболее широким и углубленным является изучение основ наследственности на молекулярном уровне с использованием биохимических и иммуногенетических методов. При этом главными объектами становятся вирусы, бактерии, фаги и соматические клетки в культуре *in vitro*.

В 1936 г. советский генетик Н. К. Кольцов сформулировал положение о том, что в основе наследственности и изменчивости организмов лежат контролируемые генами молекулярные процессы

клетки. К этому времени было известно, что хромосомы с химической точки зрения представляют собой белково-нуклеиновые комплексы. В общей форме сложилось представление о том, что действие гена осуществляется через посредство синтеза ферментов. В 1941 г. это нашло отражение в выражении Г. Бидла и Э. Татума: «Один ген — один фермент». Становилось очевидным, что генетическая информация о признаках и свойствах организма соответствующим образом воплощена в структуре фермента, отражая особенности строения гена. Однако в то время полагали, что основу гена составляет белковая часть хромосомы.

В 1944 г. О. Эвери с сотрудниками в опыте на микроорганизмах доказали, что генетическая информация воплощена не в белке, а в ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) клетки, которая у высших организмов входит в состав хромосом. В 1952 г. А. Херши и М. Чейз установили, что при заражении бактерий фагом в клетку проникает только ДНК фага, и, следовательно, формирование новых зрелых фаговых частиц с их белковой оболочкой, хвостовым отростком и контактными нитями — фибриллами происходит за счет информации, которая содержится в нуклеиновой кислоте.

В 1953 г. Д. Уотсон и Ф. Крик предложили модель строения ДНК, согласно которой она имеет вид двойной спирали, состоящей из так называемых нуклеотидов. В основу каждого нуклеотида входит одно из четырех азотистых оснований, чередование которых в цепи характеризует особенность данного гена, то есть генетическую информацию, определяющую последовательность аминокислот в белковой молекуле при ее синтезе. Нити ДНК соединены слабыми водородными связями и могут легко разъединяться, становясь основой (матрицей) либо для синтеза новых двойных спиралей ДНК, либо для синтеза рибонуклеиновых кислот (РНК), что обеспечивает переход генетической информации в цитоплазму (см. главу «Молекулярные основы наследственности»).

Правильность представления Д. Уотсона и Ф. Крика была подтверждена в 1957 г. А. Корнбергом, который синтезировал ДНК в искусственных условиях, а также М. Мезельсоном и Ф. Сталем (1958), показавшими, что синтез ДНК происходит в клетке на расходящихся нитях двойной спирали.

Выяснение роли ДНК в наследственности поставило вопрос о генетическом коде — языке наследственной информации и пути ее поступления от гена к признаку. Обобщая представления биохимиков и генетиков, Ф. Крик и Д. Уотсон показали начальные этапы этого пути в виде строчки: ДНК → РНК → белок. В 1961 г. Ф. Крик описал основные характеристики генетического кода, и в том же году М. Ниренберг и Д. Маттеи показали, что кодовым «словом» для включения в белок аминокислоты фенилаланина является в РНК тринуклеотид **УУУ** (цепочка, включающая в качестве азотистого основания урацил), в ДНК ей соответствует **ТТТ** (три тимина). За короткий срок были расшифрованы все конкретные варианты кода — триплеты азотистых оснований для 20 ами-

нокислот, образующих белки, а также триплеты, кодирующие начало и конец, считывания информации с полипептидной цепи белка. В 1964 г. М. Ниренбергом, С. Очоа и др. были выяснены также этапы синтеза белка и расшифрован генетический код матрицы, были синтезированы с помощью искусственной рибонуклеиновой кислоты и специфических ферментов полипептидные молекулы с определенным составом аминокислот.

Таким образом, с помощью молекулярной биологии был выяснен путь наследственной информации от гена к белку. Опираясь на знание молекулярных основ наследственности, генетика стала такой же точной наукой, как физика и химия. Открылась перспектива для изучения пути перехода наследственной информации от белка к признаку. Решение данной задачи даст в руки человеку средства управления процессом развития клетки и организма, возможности направленного воздействия на живую природу, значение которого для сельского хозяйства, ветеринарии и медицины очень велико.

Место генетики среди биологических наук. Раскрытие молекулярных основ наследственности выдвинуло генетику на ведущее место среди других биологических наук. Известно, что в клетке постоянно происходят биохимические и биофизические процессы, клетке и организму присущи физиологические отправления и процесс развития. Все эти явления изучают такие науки, как биохимия, биофизика, физиология, эмбриология, цитохимия, цитофизиология и т. д. В общем плане росту, развитию и специализации (дифференцировка) клеток предшествуют ферментативно-каталитические процессы. За нарастанием массы и дифференцировкой клеток следует развитие организма. Однако в основе всех этих процессов лежит биологический синтез — создание белков клетки, в первую очередь ферментов.

Биосинтез белка является прямой функцией генов. Без синтеза же белков невозможны жизненные процессы, поэтому решающее значение генетики среди других биологических наук очевидно. Гены определяют не только особенности признаков, но и возможность их развития, тем самым возможность развития и существования клетки, организма. В то же время современная генетика обязана своими достижениями развитию многих наук: физики, химии, кибернетики, математики, цитологии, эмбриологии, молекулярной биологии и др. Достижения генетики вносят вклад в общую теорию развития, обогащают конкретным содержанием диалектико-материалистическое мировоззрение.

Методы генетики. Для изучения действия гена в разных условиях внутренней и внешней среды используют разные методы. Под внутренней средой в данном случае понимается среда, создаваемая действием других генов (генотипическая среда), под внешней — среда существования организма (например, условия кормления и содержания животного). Так как действие каждого гена зависит от других генов, генетика изучает также взаимодействие генов в единой генетической системе данной органической

формы (животное, растение, вирус и т. п.). В зависимости от задачи исследования методы (или виды генетического анализа) различны.

Гибридологический анализ. Этот метод заключается в скрещивании особей, различающихся между собой по одному или нескольким признакам, и в изучении полученного потомства в ряде поколений (дети, внуки, правнуки). Гибридологический анализ позволяет установить особенности наследования признаков и выявить эффект действия и взаимодействия генов, обуславливающий изучаемый признак. Впервые строго спланированный и методически продуманный эксперимент по гибридологическому анализу провел Г. Мендель (1865). Этот метод является основным. При использовании его учитывается признак в родительском и последующих поколениях и применяется статистический подход при изучении закономерностей наследования признаков.

Генеалогический анализ. Он позволяет изучить наследование признаков в поколениях и группах животных или других организмов, связанных между собой определенной степенью родства. Генеалогический анализ требует составления родословных, то есть сведений о комплексе признаков предков и потомков разных поколений. Этот метод используется в первую очередь в животноводстве, он является основным элементом племенной работы.

Популяционный анализ. Для характеристики групп животных (растений) по степени изменчивости различных признаков, связи между признаками и их наследованию применяют популяционный анализ. Он базируется на использовании математики. Популяционный метод дает возможность определить частоту распространения признака (гена) в группах особей, определить степень гетерозиготности и гомозиготности по учтенным признакам, генетическое сходство между группами особей, установить генетическую структуру популяции по частоте генов, генотипов и влияние на эти показатели мутаций, отбора, родственного и неродственного спаривания, миграции членов популяции. Популяционный анализ — составная часть племенной работы в животноводстве.

Феногенетический анализ. Основу этого анализа составляет изучение влияния условий кормления и содержания сельскохозяйственных животных на формирование у них наследственно обусловленных признаков и свойств. Метод важен при разведении животных и совершенствовании пород. В условиях, благоприятных для раскрытия наследственных возможностей животного, получают крепкий здоровый молодняк, в меньшей степени подверженный действию отрицательных факторов внешней среды. Известно, что условия кормления и содержания оказывают огромное влияние на количество и качество продукции (молоко, мясо, шерсть и др.), получаемой от животных. В настоящее время при переводе скотоводства и птицеводства на промышленную основу значение использования феногенетического метода существенно возросло.

Рекombинационный анализ. Данный метод направлен на изучение эффекта новых генных сочетаний как результата обмена

между разными нитями ДНК, а в широком смысле слова — при любом скрещивании. Он включает изучение эффекта замены генов в ДНК низших органических форм (бактерии, вирусы, плазмиды) и эффекта обмена генами между хромосомами высших организмов. Рекомбинационный метод является средством картирования хромосом, выявления места локализации в них тех или иных генов, а также одним из способов анализа тонкой структуры гена. Он имеет практическое значение, так как открывает возможности для отбора новых рекомбинантных форм.

Мутационный анализ. Этот метод основывается на сравнении эффекта мутации с исходным действием гена. Он позволяет выявить различия в чувствительности разных генов к факторам, вызывающим мутации, вскрыть частоту и особенности процесса мутирования, оценить развитие мутантных форм в разных условиях среды. В этом случае мутационный анализ сближается с фенотипическим методом. Наиболее эффективен мутационный анализ в генетике микроорганизмов и вирусов.

Его используют и для изучения хромосомных и геномных мутаций при изменении строения или числа хромосом в хромосомных наборах. В этом случае он сближается с цитогенетическим методом генетики.

Цитогенетический анализ. Основой этого метода служит кариологический анализ, то есть исследование числа, размеров и формы, физико-химических характеристик и изменений хромосом, структур цитоплазматических органоидов клетки, а также ДНК митохондрий и плазмид. С помощью цитогенетического анализа можно выявить генетические причины различных наследственных болезней, оценить мутагенную опасность факторов, воздействующих на клетку и организм, установить степень родства разных форм по поведению хромосом при образовании зародышевых клеток у гибридов. Цитогенетический анализ включает и такие методы исследования генетических структур, как дифференциальная окраска хромосом, электронно-микроскопическое исследование хромосом высших организмов и ДНК низших.

Статистический анализ. Статистический (биометрический) анализ представляет собой ряд математических способов оценки результатов исследования, позволяющих сделать выводы о достоверности полученных данных, о вероятности различий между показателями опытных и контрольных групп, о соответствии или несоответствии распределения экспериментальных данных теоретически ожидаемому распределению и т. д. (подробно см. гл. X).

Следует отметить, что обычно сочетают несколько методов генетики. К примеру, популяционный анализ стад сельскохозяйственных животных сочетается с генеалогическим и невозможен без биометрической обработки полученных данных.

Актуальные проблемы и практические достижения генетики. Научный и технический прогресс и производственная деятельность человека создают материальные блага и условия для всестороннего познания и преобразования действительности. Однако развитие

промышленности, использование двигателей внутреннего сгорания, химических веществ для борьбы с сорняками и вредителями в сельском хозяйстве порою загрязняют окружающую среду вредными соединениями, нередко и такими, которые могут вызывать нежелательные мутации. Изменение среды обитания сопровождается изменениями в ней характера биологических связей, нарушением баланса этих связей, что в итоге может привести к гибели системы биологических связей (экоциду). Человечество не может допустить такой ситуации. Поэтому не случайно международный генетический конгресс в Москве (1978 г.) прошел под девизом «Генетика и благосостояние человечества». Этот девиз, согласно решению оргкомитета конгресса, был принят, исходя из тенденций развития современной генетики и повышения ее роли в решении коренных задач человечества.

В связи с этим актуальными проблемами генетики являются решение продовольственной проблемы, охрана здоровья человека и других живых существ, охрана среды обитания и сохранение целостности биосферы.

Продовольственная проблема. Возрастание численности населения выдвигает в качестве неотложной задачу удвоения урожайности основных сельскохозяйственных культур. Использование генных ресурсов растительного мира в сочетании с воздействием сильных мутагенов уже привело к созданию ряда высокоурожайных сортов хлебных злаков и других культур. При средней урожайности хлебных злаков 20—30 ц с гектара генетическим путем получены и широко распространены значительно более ценные сорта пшеницы, риса и других культур: например, отечественный сорт пшеницы Безостая I (до 95 ц/га), пшеница Гейнес (до 140 ц/га), рис ИР-8 (до 90 ц/га).

С помощью химических мутагенов в нашей стране получены совершенно новые формы культурных растений: овес Зеленый с высоким содержанием белка при урожайности зеленой массы, равной урожайности кукурузы; подсолнечник, из семян которого, по существу, получают оливковое масло; односемянная сахарная свекла, агротехника которой не требует ручного труда. В практике широко используется возделывание гибридной кукурузы, триплоидной сахарной свеклы, начинается внедрение синтетической культуры — ржано-пшеничного гибрида тритикале, созданных на основе методов, разработанных генетиками.

Однако необходимо использование генетических подходов и при решении таких вопросов, как создание сортов культурных растений, устойчивых к болезням и вредителям, селекция форм с высоким содержанием белка и незаменимых аминокислот, выведение сортов, отзывчивых на внесение большого количества удобрений, и т. д.

Решение продовольственной проблемы требует изыскания новых подходов и объектов для получения пищевого сырья. Примером такого рода новой технологии является создание культуры дрожжей, которые могут стать источником кормового белка в ра-