

ISSN 0320 - 9660

Shkola Press

журнальное издательство

Научно-теоретический и методический журнал

БИОЛОГИЯ

В ШКОЛЕ

93

Учебные компьютерные программы по генетике

В научно-исследовательском вычислительном центре РАН создан пакет учебных программ по общей биологии (по биосинтезу, генетике, биохимии)¹. В этой статье мы хотели бы познакомить учителей с серией программ, предназначенных для проверки знаний учащихся по генетике.

Общие положения

Предполагается, что ученик, который собирается работать с компьютерными программами, знаком с основными положениями менделевской генетики:

существуют альтернативные пары признаков; существует передача признаков по наследству;

наследственные признаки передаются дискретным образом;

в каждом организме за какой-либо признак несут ответственность два фактора, внешне проявляется один из них,

по наследству может быть передан любой из двух факторов.

Предполагается также, что он знаком с определениями:

альтернативные пары признаков называются аллелями;

наследственные факторы называются генами; признаки, проявляющиеся внешне, называются доминантными, а отсутствующие в организме в подавленном состоянии — рецессивными; половые клетки, содержащие наследственный фактор в единственном числе, называются гаметами;

в процессе оплодотворения происходит слияние мужской и женской гамет, образуется зигота;

зигота, содержащая одинаковые аллельные гены, называется гомозиготой, разные — гетерозиготой;

организм, развивающийся из гомозиготы, называется гомозиготным, из гетерозиготы — гетерозиготным;

генный состав организма составляет его генотип; совокупность всех признаков организма — фенотип;

скрещивание организмов, отличающихся по одному изучаемому признаку, называется моногибридным, по двум — дигибридным.

Программа «Анализирующее скрещивание»

Данная программа позволяет ученику определять генотип растений по его фенотипу при помощи анализирующего скрещивания.

Работающему с программой дается исходный образец растения или животного с неизвестным генотипом и несколько объектов для скрещивания. Требуется выбрать для скрещива-

ния такой объект, чтобы по фенотипу полученных потомков можно было определить генотип исходного образца.

Разберем один из примеров анализирующего моногибридного скрещивания. Если у нас имеется растение гороха с зелеными семенами, то генотип его может быть только гомозиготным рецессивным — aa . Если же в качестве образца берется растение с желтыми семенами, то генотип его может быть как гомозиготный — AA (случай 1), так и гетерозиготный — Aa (случай 2). Если такое растение скрестить с растением, имеющим желтые семена (a оно окажется гомозиготным), то получится полностью желтое потомство как в случае 1, так и в случае 2. Следовательно, такой выбор партнера для скрещивания неэффективен. Нужно выбрать растение с зелеными семенами (его генотип — aa), и тогда в случае 1 потомство будет полностью желтым (образуются только зиготы Aa), а в случае 2 в потомстве будут растения с разными семенами (образуются зиготы Aa и aa).

Итак, для анализирующего скрещивания следует выбирать представителя с рецессивными признаками. Это соображение остается справедливым и в случае дигибридного скрещивания.

Программа позволяет ученику моделировать эксперименты с растениями, различающимися по двум признакам — цвету и форме семян. Известно, что доминируют желтый цвет (A) и круглая форма (B); зеленый цвет (a) и морщинистая форма (b) являются рецессивными.

Ученик должен определить генотип предъясленного образца. Для этого он может провести скрещивание с любым из четырех фенотипически различных представителей. Ученик выбирает одно из четырех растений, и ему сообщается вид потомства в данном варианте. Если выбор был неудачным, то ученик может провести другие скрещивания. Каждый раз на экране демонстрируется фенотип потомства, полученного в ходе последнего скрещивания. Определив генотип, ученик должен ввести его в компьютер. Если ответ правильный, то на экране рисуется решетка Пеннета для последнего скрещивания. В противном случае появляется сообщение: «Неверно».

Ученик может воспользоваться подсказкой. После восьми заданий ему сообщается процент правильных ответов. Результаты работы ученика вместе с фамилией могут быть сохранены в памяти компьютера.

Программа «Получение чистых линий»

В селекции растений или животных часто возникает необходимость отбора организмов, которые являются «чистыми» по изучаемому признаку, т. е. потомство которых не дает расщепления по данному признаку. Как правило, для этого необходимо получить потом-

¹ Программы по биосинтезу белка были описаны в статье Н. А. Луниной «Компьютерная поддержка курса биологии» (Биология в школе. 1988. № 5).

ство второго поколения. Однако если изучаемые растения являются самоопыляющимися, то выводы о чистоте можно сделать на основании анализа потомства первого поколения (F_1). Если в потомстве F_1 есть особи, отличающиеся по фенотипу от родителя, то родитель был гетерозиготен по этому признаку, а проявившийся признак является рецессивным.

Программа моделирует работу с томатами, плоды которых различаются по двум признакам (красные и желтые; круглые и грушевидные) и допускают самоопыление.

Первая часть программы — поиск растений. Имеется поле, на котором представлены томаты всех возможных генотипов; при этом фенотипически различны варианты всего 4. Ученик должен отобрать для опытов несколько томатов, но не более 9. Относительно каждого выбранного растения сразу сообщается фенотип его потомства в F_1 , полученного самоопылением. Ученик должен определить, какие признаки доминируют и какие растения могут быть взяты для получения чистых линий. Он продолжает поиск до тех пор, пока не найдет 4 растения, не дающие расщепления. Если такие растения находятся сразу, то ему все равно необходимо найти гетерозиготные растения, чтобы сделать вывод о доминировании. Может получиться и так, что ресурс в 9 растений будет исчерпан, а «чистые» растения еще не будут найдены. В этом случае поиск прекращается принудительно.

После выхода из режима поиска растений ученику предлагается установить, какие признаки доминируют. Для этого он должен ввести обозначения, выбрав большие буквы для доминантных признаков.

В следующей части работы ученик должен определить генотип всех отобранных растений, используя введенные обозначения.

И наконец, он должен указать, потомство какой особи нужно взять для получения каждой из 4 возможных чистых линий (красных круглых, желтых круглых, красных грушевидных, желтых грушевидных). Если среди отобранных растений таких не оказалось, то ученик будет вновь возвращен на поле. Ему нужно будет собрать растения для получения не полученных до сих пор чистых линий.

При определении генотипа отобранных растений, а также кандидата для получения чистых линий ученик может воспользоваться подсказкой.

Программа «Взаимодействие генов»

Известно, что на один признак могут оказывать влияние два гена. Например, окраска кроликов задается геном окраски С/с (окрашен/неокрашен) и геном распределения окраски по длине волоса А/а (неравномерно/равномерно). Доминируют признаки С и А. Неокрашенный кролик выглядит белым, равномерно окрашенный — черным, неравномерно окрашенный — серым. Используя эти данные, мы составили несколько интересных задач.

Задача 1. По известному генотипу предлагается определить фенотип кролика. Различных генотипов при этом 9, различных фенотипов 3. Например, сообщается генотип в виде Ссаа. Ученик должен понять, что кролик при этом будет окрашенный (есть С); окраска распределена

равномерно (нет А); значит, кролик будет черным. Ученик должен ввести условное обозначение «Ч» (черный), и тогда на экране появится рисунок черного кролика. Во всех других случаях появится сообщение: «Неверно».

Задача 2. По известному фенотипу предлагается установить возможный генотип. Например, черный кролик должен содержать ген окраски шерсти С и не может содержать гена неравномерности окраски А. Следовательно, его генотипы могут быть — ССаа и Ссаа.

Ученик вводит в компьютер буквенные обозначения предполагаемых генотипов. Каждая из букв может набираться как на русском, так и на латинском регистре. Другие буквы, кроме «с» и «а», не воспринимаются. Неправильно набранную букву можно стереть клавишей «BS». Если допустимых генотипов несколько, то они могут вводиться в любой последовательности. Если генотип введен неправильно, то все четыре буквы стираются. Если генотип введен правильно, но существуют еще допустимые варианты, то после него появляется запятая и ученик должен продолжать ввод. Когда все допустимые варианты исчерпаны, рисуется кролик с очередным фенотипом. Таких фенотипов три — белый, серый, черный.

Задача 3. Самец с указанным генотипом скрещивается с серыми самками четырех возможных генотипов. Рассматривается потомство, полученное в результате всех четырех скрещиваний. Требуется определить:

может ли среди всех крольчат встретиться белый?

Может ли среди всех крольчат встретиться черный?

При положительном ответе требуется указать, с какими серыми самками нужно скрестить указанного самца, чтобы в потомстве мог появиться крольчонок нужного цвета.

Ход рассуждений ученика при решении данной задачи может быть примерно следующим: у самца с генотипом ССаА не может появиться ни белых, ни черных крольчат, так как всем своим детенышам он передаст ген С (они будут окрашены) и ген А (окраска будет неравномерной), все потомство этого кролика будет серым.

Самец с генотипом СсАА может иметь в потомстве белых кроликов в случае, если самка тоже будет содержать ген окраски с. Но оба таких гена самка иметь не может (тогда она сама будет белой, а по условию все самки серые). Итак, самка должна быть гетерозиготной по гену окраски — иметь набор Сс. Что касается равномерности окраски, то для белого крольчонка она не играет роли и самка может иметь любой набор генов А, допустимый для серой самки — Аа или АА. Итак, самец СсАА будет иметь в потомстве белых крольчат при скрещивании с серыми самками СсАа и СсАА.

Задача 4. Имеются самцы с известным фенотипом. Требуется установить их генотип. Для этого ученик может проводить скрещивания с различными самками. На экране изображено несколько самок. Относительно каждой из них известен только фенотип. Кроме того, известно, что представлены самки всех возможных генотипов. В результате скрещивания появились 15 крольчат, фенотипы которых пропорциональны теоретически возможным.

Можно предположить, что самец серый и все его потомство тоже имеет серую окраску, следовательно, он может обладать только генотипом ССАА. В противном случае при скрещивании с гетерозиготными самками появились бы крольчата другой окраски.

Если же в потомстве серого самца появляются белые крольчата, то это говорит о его гетерозиготности по гену окраски С (генотип — Сс). Чтобы определить его гомо- или гетерозиготность по гену А, нужно скрестить его с черными самками. У гетерозиготного самца (Аа) при скрещивании с черными самками (аа) появятся черные детеныши, у гомозиготного самца (АА) черных крольчат не будет.

Программа «Построение генетической карты»

Эта программа позволит ученику путем активной экспериментальной работы усвоить трудное понятие «группы сцепления» и прийти к идее линейного расположения генов в хромосоме.

Программа предлагает ученику поработать с несколькими группами сцепления. Каждый раз сообщается, какие гены входят в группу сцепления, приводится матрица частот рекомбинаций. Вместе с матрицей рисуются отрезки, по длине пропорциональные вероятностям. На концах отрезков даются названия соответствующих генов.

Имеется указатель, который передвигается по отрезкам вверх — вниз. Отмеченный отрезок можно двигать вправо — влево. Кроме того, у отмеченного отрезка можно поменять местами концы.

Задача ученика — добиться такого взаимного расположения отрезков, чтобы одинаковые концы располагались друг под другом и, следовательно, проектировались в одну точку. Правильность построения контролируется; при ошибке выдается сообщение типа: «Ошибка для гена А». После правильного построения ему предлагается следующая группа сцепления.

По запросу подсказки рисуется правильная генетическая карта. Ввиду сложности темы действия ученика не оцениваются.

«Расшифровка генетического кода»

Работа с данной программой предполагает знание учащимся следующего материала: каждый белок, который синтезируется в организме, кодируется геном — участком рибонуклеиновой кислоты (РНК). Последовательность РНК состоит из 4 видов нуклеотидов. Белки состоят из 20 видов аминокислот. Каждая аминокислота кодируется последовательностью из трех нуклеотидов (триплетом). Существует 64 различных триплета. При этом один триплет может кодировать только одну аминокислоту. Некоторые триплеты не кодируют никакой аминокислоты. Большинство аминокислот может кодироваться несколькими триплетами.

Программа моделирует следующий эксперимент: имеется участок РНК и кодируемый им участок белка (последовательность аминокислот). Рамка считывания неизвестна, т. е. неизвестно, идет ли считывание с первого, второго или третьего нуклеотида. Ученик может менять РНК. Программа при этом меняет белок. Уче-

ник должен расшифровать таблицу генетического кода, т. е. установить, какие триплеты кодируют какие аминокислоты.

Для правильного решения задачи ученику необходимо правильно установить рамку считывания. Ход его рассуждений должен быть примерно следующим: один триплет может кодировать только одну аминокислоту. Если картина такова, что один триплет кодирует разные аминокислоты (они выделены полужирным шрифтом):

АГЦ УГА ЦГГ УГА ААГ

Ала Асп Гли Глу

то, значит, рамка установлена неверно. Следовательно, нужно сдвинуть рамку:

А ГЦУ ГАЦ ГГУ ГАА АГ

Ала Асп Гли Глу

При таком выборе рамки конфликтных ситуаций нет. Это может означать (но не гарантирует!), что рамка выбрана правильно. Программа устроена таким образом, что при неверном выборе рамки имеется хотя бы одна конфликтная ситуация.

Программа имеет 2 режима работы с последовательностью РНК: «теоретик» или «практик». «Теоретик» может изменить любой нуклеотид РНК на нужный ему. «Практик» имеет в распоряжении 3 вида мутагенных воздействий: химическое, радиационное и воздействие ультрафиолетом. «Практик» выбирает один из этих видов, и в РНК происходят случайные мутации (с разной частотой). В любом случае с измененной РНК считывается новый белок.

Полученные данные ученик должен занести в таблицу, где первый нуклеотид кодирующего триплета указывается слева, второй — сверху, третий — справа. Например, рассмотренный выше генетический код дает соответствие ГЦУ—Ала, ГАЦ—Асп, ГГУ—Гли, ГАА—Глу. Эти данные должны быть занесены в таблицу следующим образом (см. таблицу).

	У	Ц	А	Г	
Г	—	Ала	—	Гли	У
—	—	—	Асп	—	Ц
—	—	—	Глу	—	А
—	—	—	—	—	Г

За один сеанс работы с программой ученику предлагается заполнить участок таблицы, содержащий 16 позиций. Участок белка содержит 12 аминокислот. Ученику придется производить несколько изменений в РНК для заполнения всей части таблицы. Имеется указатель, который перемещается либо по таблице, либо, после переключения, по другому объекту — по РНК (в режиме «теоретик») или по картинке с изображением мутагенных факторов (в режиме «практик»).

При работе с программой ученик может пользоваться подсказкой. Программа контроли-

рует правильность его действий, не позволяя заносить в таблицу информацию, не полученную из «экспериментальных» данных программы. При работе с программой ведется счет: учитываются правильные действия, ошибки, запросы, подсказки. Результаты работы могут быть сохранены.

Некоторые дополнительные сведения

Программы существуют в двух версиях: для ЭВМ «YAMAHA» и для IBM PC/AT (графический адаптер EGA). Для обслуживания класса «YAMAHA» MSX-1 имеется программа BIOTEACH, основное назначение которой — по-

лучение результатов учеников по сети и запись их в файл BIO.PES на машине учителя. Большинство программ в версии для PC имеет более развитый аппарат подсказки: при первом запросе подсказки ученику сообщаются направляющие соображения, при втором — правильный ответ. Программы можно получить, обратившись по адресу: 142292, Московская область, г. Пушкино, НИВЦ РАН, Фонд алгоритмов и программ.

Н. Л. ЛУНИНА,
ведущий инженер-программист
НИВЦ РАН

Задачи по генетике

Генетика — одна из наиболее сложных, но и интересных областей биологии. Она тесно связана с цитологией, молекулярной биологией, теорией эволюции, с такими прикладными науками, как медицина и селекция. Школьников привлекает внутренняя стройность генетики, четкие ответы, которые она дает на разнообразные биологические вопросы. Наконец, она заключает в себе широкие возможности для организации практических работ, для решения задач, без чего невозможно достаточно глубокое творческое усвоение учебного материала.

В 1992 г. Московским институтом развития образовательных систем издана книга «Почти 200 задач по генетике». Авторский коллектив в составе: М. Б. Беркинблит — кандидат биологических наук (ИППИ РАН), А. В. Жердев — кандидат биологических наук (Институт биохимии РАН), С. Н. Ларина (Институт физиологии растений РАН), А. Р. Мушегян — кандидат биологических наук (МГУ), В. В. Чуб (МГУ).

Книга включает задачи по всем разделам генетики и несомненно окажет большую помощь учителям биологии и учащимся, интересующимся генетикой. Некоторые из представленных в ней задач с решениями мы предлагаем вниманию наших читателей.

Задача 1

У человека карие глаза (А) доминируют над голубыми (а). Отец и мать кареглазые, обе бабушки голубоглазые. В семье четверо детей. Сколько из них кареглазых, сколько голубоглазых? А если детей в семье трое?

Задача 2

В лабораторию с мышами, гомозиготными по гену серого цвета, привезли из питомника серого самца. Все гибриды первого поколения были серые. Гибридных самок этого поколения скрестили с тем же самым привезенным самцом и получили во втором поколении расщепление по цвету (серые мыши: черные мыши) в отношении 7:1. Объясните результаты, считая, что окраска зависит только от одной пары аллелей.

Задача 3

Граф Сидор Задунайский сообщил, что Гавриил Задунайский приходится ему прадедушкой по отцовской и прапрадедушкой по материнской линии. Известно, что Г. Задунайский был альбиносом. Считая, что альбинизм обуславливается крайне редким рецессивным аллелем (настолько редким, что наличие в родословной графа Сидора других альбиносов или носителей аллеля альбинизма, кроме прямых потомков графа Гавриила, крайне маловероятно), определите вероятность того, что С. Задунайский: а) альбинос; б) гетерозиготен по альбинизму.

Задача 4

Аллель кареглазости доминирует над голубоглазостью. В популяции оба аллеля встречаются с равной вероятностью.