Тобиен М.Л., учитель биологии

МАОУ г. Владимира

«Лингвистическая гимназия № 23

им. А.Г. Столетова»

Методические рекомендации по решению биологических задач по генетике с использованием математических методов

Генетика является наиболее математизированным разделом биологии. [8] Еще Г. Мендель, открывая генетические закономерности наследования признаков, дал математическое обоснование результатов своих экспериментов. При решении генетических задач повышенной сложности (олимпиадные задачи, задачи на экзаменах в рамках дополнительных внутренних испытаний, проводимых ВУЗами) учащиеся должны применять математические закономерности, со статистической обработкой результатов. На современном этапе этого требуют даже задания базового уровня ЕГЭ.

Рассмотрим некоторые задания линии 4 (в формате 2022 года) или линии 6 (в формате 2021 года) – базового уровня. Правильное решение генетической задачи оценивается в 1 балл, но по уровню сложности задания резко отличаются.

Задание 1. У кареглазых родителей родился голубоглазый ребенок. Определите возможное соотношение фенотипов потомков у таких родителей (карий цвет глаз доминирует над голубыми глазами). Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение всех получившихся потомков по фенотипу у этих родителей, в порядке их убывания [4, с. 122]

Решение: используя метод гибридологического анализа (по фенотипу потомков определяется генотип родительской пары), ученик приходит к выводу, что оба кареглазых родителя по данному признаку – гетерозиготны. Следовательно, в данной задаче используются закономерности закона расщепления, отношение фенотипов будет у потомства 3: 1. Даже если учащийся будет решать задачу традиционным путем с оформлением схемы скрещивания, для того чтобы не допустить ошибки, это займет у него по времени не более 3 минут (задача на моногибридное скрещивание). Но в тренировочных сборниках под редакцией В.С.Рохлова таких задач в данной линии не более 20%, остальные задачи на дигибридное скрещивание, взаимодействие генов (аллельных), сцепленное наследование.

Задание 2. Определите число фенотипических групп в потомстве гороха (F2), если скрестили гомозиготные растения гороха с желтыми круглыми семенами (А – желтые, В - круглые) с растениями, имеющими зеленые морщинистые семена (F1). В дальнейшем полученные особи скрестили между собой. Гены окраски и формы семян у гороха находятся в разных парах гомологичных хромосом. Ответ запишите в виде числа. [4, с.124]

Решение: учащийся из условия задачи получает полную информацию, как наследуются данные признаки: независимое наследование по двум признакам – дигибридное скрещивание. Сложность заключается в том, что нужно определить число фенотипических классов во втором поколении. Ответом должно быть только одно число. Если решать традиционным путем, то учащийся должен составить две схемы скрещивания, в результате первого скрещивания получить дигетерозиготный организм AaBb, и составить вторую схему- скрещивания двух дигетерозигот согласно закону независимого наследования признаков. Хорошо подготовленные ученики с этим заданием справятся достаточно быстро, зная генетические закономерности, они сразу после анализа задачи дадут ответ – 4 фенотипических класса. Но для самопроверки все равно начнут решать с оформлением схемы, а во втором случае еще и через решетку Пеннета. Это на экзамене займет около 20-25 минут. Следующая сложность возникнет при подсчете фенотипов уже в готовой решетке Пеннета. У ученика только гелевая ручка, нет карандашей, других цветных ручек. Некоторые методисты советуют в данном случае использовать какие- либо значки для пометки одинаковых фенотипов -точки, кружочки, запятые и т.д., это еще займет время на экзамене и требует от выпускника предельной внимательности, как при составлении решетки, так и при подсчете фенотипических классов. В данном случае рекомендуется провести математическую обработку результатов.

P :♀ AaBb х ♂AaBb

Рассмотрим данное скрещивание как два моногибридных, по каждому признаку в отдельности: по окраске семян гороха и по их форме. Следовательно, получим:

1. P :♀ Aa х ♂Aa
2. P :♀ Bb х ♂Bb

Эти схемы доступны любому выпускнику с разными уровнями подготовки. Обе схемы в данном случае соответствуют закону расщепления, выразим соотношение генотипических классов в виде дробей. В первом случае получим соотношение генотипов

¼АА + ½Аа + ¼аа (соотношение по закону Менделя 1:2:1)

Соотношение фенотипов в данном случае будет

3/4(АА + Аа) + ¼аа

По второму скрещиванию получим те же самые результаты

Расщепление по генотипу ¼ВВ + ½Вв + ¼вв

Расщепление по фенотипу 3/4(ВВ + Вв) + ¼вв

Схема скрещивания двух дигетерозигот будет выглядеть как математическое выражение:

P :♀ AaBb х ♂AaBb

F1= (¼АА + ½Аа + ¼аа) х (¼ВВ + ½Вв + ¼вв), раскрыв скобки, получим без решетки Пеннета сразу соотношение генотипов в долях. Но в задачах линии 4(6) не требуется найти соотношение генотипических классов, только их количество, в данном случае, даже не раскрывая скобки, можно сразу дать ответ - 9 генотипических классов (сумма трех слагаемых умножается на многочлен тоже из трех слагаемых)

Ф = (3/4(АА + Аа) + ¼аа) х (3/4(ВВ + Вв) + ¼вв), упростив данное выражение, учитывая, что в данном случае – полное доминирование, получим следующее выражение

Ф = (3/4А+ ¼а) х (3/4В + ¼в) = 9/16АВ + 3/16 Ав + 3/16 аВ + 1/16 ав

Поскольку знаменатели в дробях одинаковые, соотношение фенотипов будет 9:3:3:1, количество фенотипических классов – 4.

Это и будет ответом к данной задаче линии 4 (6).

Математическое решение можно применять и в задачах линии 28. Например,

Задание 3. Гетерозиготную курицу с гребнем и голыми ногами скрестили с дигомозиготным петухом, имеющим гребень (А) и оперенные ноги (В) (гены несцеплены). Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы гибридов первого и второго поколений, если для второго скрещивания были взяты гибриды из первого поколения с разными генотипами. Составьте схему скрещивания задачи. Какой закон наследственности проявляется.

Решение. Проявляется закон независимого наследования признаков, т.к. гены, отвечающие за проявление этих признаков, находятся в разных парах гомологичных хромосом.

P :♀ Aaвв х ♂AАBВ

G:Ав,ав АВ

F1: ААВв АаВв

В первом поколении получаются особи с одинаковыми фенотипическими признаками.

Вторая схема :

P :♀ AАВв х ♂AаBв

Решим математическим путем.

F= (½АА + ½Аа) х (¼ВВ + ½Вв + ¼вв) = 1/8 ААВВ + ¼ ААВв + 1/8 ААвв + 1/8 АаВВ + ¼ АаВв + 1/8 Аавв, в данном скрещивании будет 6 генотипических классов, в соотношении 1:2:1:1:2:1

По фенотипам:

Ф = А (3/4В + ¼в) =3/4АВ + ¼Ав, следовательно, 2 фенотипических класса, в отношении 3:1

Если решать традиционным путем - опять через решетку Пеннета.

Поэтому на экзамене выпускники решают задачи традиционным путем, а для проверки удобнее использовать математическую модель.

Что касается олимпиадных задач, то без математических методов здесь не обойтись. Это не только касается традиционных математических задач на закон Харди – Вайнберга (популяционная генетика), но и задач на разные типы взаимодействия генов, самоопыление, двойной кроссинговер и др.

Приведем пример задачи на закон Харди – Вайнберга.

Задание 4. В Европе резус – отрицательность выявлена у 16%, в Пакистане – у 3,8 %, в Японии – у 1% обследованного населения. Определите генетическую структуру популяции каждой из трех указанных групп населения. [2, с. 143]

Решение. Закон Харди – Вайнберга описывает соотношение частот аллелей и частот генотипов в популяции. По условию задачи даны частоты генотипов людей срезус – отрицательной кровью. Рассчитаем частоты аллелей и генотипов в Европе.

q2(rhrh)= 0.16, следовательно

q(rh)= 0.4

p(Rh) = 1-0.4 = 0.6

Рассчитаем частоты генотипов и определим генотипическую структуру популяции.

p2 (RhRh) = 0.36

2pq(Rhrh) = 2 х 0.6 х 0.4 = 0.48, следовательно, в Европе 16 % людей резус –отрицательных, резус-положительный гомозигот – 36%, гетерозигот резус – положительных - 48%. Структура популяции - 36 RhRh : 48Rhrh :16rhrh

Аналогично рассчитываются частоты для популяций Пакистана и Японии.

Литература

1. Адельшина Г.А., Адельшин Ф.К. Генетика в задачах: учебное пособие по курсу биологии.- 2 – е изд., стереотипн.- М.: Планета, 2011. – 174 с. ISBN 978-5-916558-191-1
2. Биология : руководство к лабораторным занятиям : учеб. пособие / под ред. О.Б.Гигани. – М. : ГЭОТАР- Медиа, 2016. – 272 с. : ил. ISBN 978-5-9704-3726-1
3. Васильева Е.Е. Генетика человека с основами медицинской генетики. Пособие по решению задач : учебное пособие для СПО / Е.Е.Васильева. – 4-е издание, стер. – Санкт – Петербург : Лань, 2021. – 92 с. ISBN 978-5-8114-7447-9
4. ЕГЭ. Биология. Учебный экзаменационный банк: типовые экзаменационные задания / Е.А.Никишова, Г.С.Калинова. – М. : Издательство «Национальное образование», 2021. -–528 с. – (ЕГЭ. Учебный экзаменационный банк). ISBN 978-5-4454-0772-0
5. Ермакова М.В., Захаров В.Б. задачи по молекулярной биологии и генетике: теория и практика: учебное пособие для 10-11 классов общеобразовательных организаций / М.В.Ермакова, В.Б. Захаров. – М.: ООО «Русское слово – учебник», 2019. – 168 с. – (ФГОС. Инновационная школа). ISBN 978-5-00092-871-4
6. Иванова Н.Л., Меркулова Н.Н., Щербатюк Т.Г. Генетика: учебно-методическое пособие, НГМА, 2008.
7. Коломинский Я.Л. Человек: психология: Кн. для учащихся старших классов.- М. просвещение, 1986.
8. Математические аспекты генетики / А.Н.Волобуев, И.Л.Давыдкин, А.В.Колсанов, Д.А. Кудлай.- Москва : ГЭОТАР – Медиа, 2020. – 176 с. – ДОI: 10.33029/9704-5890-7-МАG- 2020-1-176. ISBN 978-5-9704-5890-7
9. Сборник задач и вопросов по общей и молекулярной генетике : учебное пособие / коллектив авторов. – М.: «КДУ», «Университетская книга», 2021. - 246с. ISBN 978-5-91304-817-2
10. Синюшин А.А. Решение задач по генетике / А.А.Синюшин.- М.: Лаборатория знаний, 2019. – 153 с. : ил. ISBN 978-5-00101-195-8