

## Вариант 2

### Задача 1.

В мРНК обнаружена последовательность нуклеотидов:

УГАУУГАЦУААУГЦУГЦАЦЦАУАГУЦУГГУАЦУУЦГГАУЦУАГУАГАУУГАЦААУ.

В каком направлении будет двигаться при электрофорезе пептид, кодируемый этой РНК?

### Задача 2.

Принцип Гаузе состоит в том, что два вида не могут занимать одну и ту же экологическую нишу. При каких условиях принцип Гаузе нарушается?

### Задача 3.

У дикого представителя рода *Nicotiana* – *N. sylvestris* – при самоопылении семена не завязываются. Это явление называют самонесовместимостью. За самонесовместимость отвечает генный локус S, состоящий из нескольких тесно сцепленных генов. В природных популяциях локус S представлен множеством аллелей ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  и т.д.). У *N. sylvestris* в случае, если хотя бы один аллель из имеющихся у материнского растения, совпадает с аллелем, представленным в ядре пыльцевого зерна, опыления не происходит. Вы посадили рядом одно растение с генотипом  $S_1S_2$ , два растения с генотипом  $S_1S_3$  и три растения с генотипом  $S_2S_3$ , а после свободного опыления собрали семена. Рассчитайте соотношение генотипов и частоту встречаемости аллелей в новом поколении, считая, что количество семян не зависит от генотипа растения. Изменилось ли соотношение частот аллелей по сравнению с популяцией родительских растений?

### Задача 4.

При засолке огурцов обычно используют рассол с концентрацией NaCl 40 г/л (атомарная масса Na – 23; Cl – 35,5). Примем, что в вакуолярном соке клеток огурца содержится 17,1 г/л сахарозы (атомарная масса углерода – 12, кислорода – 16, водорода – 1) и 1,56 г/л ионов калия в составе малата калия (атомарная масса калия – 39). Вкладом других растворенных веществ и цитоплазмы в создание осмотического давления пренебречь. Рассчитайте, должен ли при засолке наблюдаться плазмолиз? Чем будет различаться микроскопическая картина в первые дни засолки (малосольный огурец) и в последующие (хорошо просоленный огурец)? Чем будет вызвано это различие? У какого огурца тургор выше (у малосольного или хорошо просоленного)? Почему?

## Решение заданий Универсиады.

### Решение задачи 1.

Первым шагом в решении должен быть выбор правильной рамки считывания. Во всех трёх рамках в начале последовательности стоят стоп-кодоны (они подчёркнуты).  
УГАУУГАЦУААУГЦУГЦАЦЦАУАГУЦУГГУАЦУУЦГГАУЦУАГУАГАУУГАЦААУ  
АУ.

Значит, чтение не может начаться 5-концевой предшествующей части и этот фрагмент содержит начало кодирующей последовательности. Для правильного выбора рамки надо найти иницирующий кодон АУГ ( он выделен жирным шрифтом) и разбить последовательность после него на триплеты:

УГАУГАЦУА АУГ ЦУГ ЦАЦ ЦАУ АГУ ЦУГ ГУА ЦУУ ЦГГ ААУ ЦУА ГУА ГАУ УГА ЦААУ.

Мет- лей -гис- гис арг- лей-вал-лей- сер- асп- лей- вал – асп –стоп  
 + + + - =+3-1=+2

По таблице генетического кода находим соответствующие этим триплетам аминокислоты. Заряды карбоксила на С-конце и аминогруппы на N-конце компенсируют друг друга. Четыре из них несут заряд в боковых радикалах. Положительный заряд аргинина компенсируется отрицательным зарядом аспарагиновой кислоты, таким образом, заряд пептида будет определяться зарядами имидазольных групп гистидина. Так как рК гистидина около 6, при физиологических значениях рН он будет давать положительный заряд, при рН 6 равный +1\2, следовательно, пептид будет двигаться от анода к катоду. То же самое будет происходить в кислой среде. При рН около 9 заряд гистидиновых остатков будет близким к 0, и суммарный заряд пептида также равен 0, т.е. он не будет перемещаться в электрическом поле. При рН выше 10 начнёт снижаться заряд боковой цепи аргинина, суммарный заряд станет отрицательным, и пептид будет двигаться к аноду.

#### Решение задачи 4.

Вытеснение одного вида другим происходит в результате конкуренции видов за один и тот же лимитирующий ресурс. Если же для видов лимитирующими становятся разные факторы, то вытеснения не происходит. Например, если один вид вытесняет другой в борьбе за пищевые ресурсы, а сам он лимитируется поедателями его хищниками, то может устанавливаться равновесие, при котором полное вытеснение первого вида не происходит ввиду уменьшения численности второго вида размножающимися параллельно с ним хищниками. То же может происходить с участием паразитов. Второй вариант нарушения принципа Гаузе связан с непостоянством условий, например, с сезонными изменениями. Один вид может иметь заметные преимущества в летний период и интенсивно размножаться, вытесняя второй вид. Зимой же смертность среди особей первого вида может быть заметно выше, например, из-за более интенсивного обмена веществ при дефиците пищевых ресурсов. Тогда в результате годового цикла соотношения численности видов могут оставаться постоянными или меняться незначительно.

#### Решение задачи 3.

У дикого представителя рода *Nicotiana* – *N. sylvestris* – при самоопылении семена не завязываются. Это явление называют самонесовместимостью. За самонесовместимость отвечает генный локус S, состоящий из нескольких тесно сцепленных генов. В природных популяциях локус S представлен множеством аллелей (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> и т.д.). У *N. sylvestris* в случае, если хотя бы один аллель из имеющихся у материнского растения, совпадает с аллелем, представленным в ядре пыльцевого зерна, опыления не происходит. Вы посадили рядом одно растение с генотипом S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>, два растения с генотипом S<sub>1</sub>S<sub>3</sub> и три растения с генотипом S<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, а после свободного опыления собрали семена. Рассчитайте соотношение генотипов и частоту встречаемости аллелей в новом поколении, считая, что количество семян не зависит от генотипа растения. Изменилось ли соотношение частот аллелей по сравнению с популяцией родительских растений?

1. Сведём в общую таблицу все возможные варианты опыления. Одно и то же растение выступает как в роли женского, так и в роли мужского родителя (таблица симметрична относительно диагонали)

		мужское растение $S_1S_2$		мужское растения $S_1S_3$		мужское растения $S_2S_3$	
		$S_1$	$S_2$	$S_1$	$S_3$	$S_2$	$S_3$
женское растение $S_1S_2$	$S_1$						
	$S_2$						
женское растения $S_1S_3$	$S_1$						
	$S_3$						
женское растения $S_2S_3$	$S_2$						
	$S_3$						

2. Поскольку опыление пыльцой растения того же генотипа не происходит, исключим все такие скрещивания (заливка жёлтым цветом – по диагонали таблицы).

		мужское растение $S_1S_2$		мужское растения $S_1S_3$		мужское растения $S_2S_3$	
		$S_1$	$S_2$	$S_1$	$S_3$	$S_2$	$S_3$
женское растение $S_1S_2$	$S_1$						
	$S_2$						
женское растения $S_1S_3$	$S_1$						
	$S_3$						
женское растения $S_2S_3$	$S_2$						
	$S_3$						

3. В любом из оставшихся случаев хотя бы один аллель у родителей совпадает. Исключим из скрещивания те мужские гаметы, которые содержат аллель, присутствующий также у женского родителя (синяя заливка, столбцы).

		мужское растение $S_1S_2$		мужское растения $S_1S_3$		мужское растения $S_2S_3$	
		$S_1$	$S_2$	$S_1$	$S_3$	$S_2$	$S_3$
женское растение $S_1S_2$	$S_1$						
	$S_2$						
женское растения $S_1S_3$	$S_1$						
	$S_3$						
женское растения $S_2S_3$	$S_2$						
	$S_3$						

4. Количество семян у каждой особи одинаково, т.е. у двух растений будет в 2 раза больше гамет, чем у одного, а у трёх – в 3 раза больше. Поэтому мы вправе ввести в таблицу соответствующие коэффициенты ( $\times 1$ ;  $\times 2$ ;  $\times 3$ ).

		1 мужское растение $S_1S_2$		2 мужские растения $S_1S_3$		3 мужские растения $S_2S_3$	
		$S_1 \times 1$	$S_2 \times 1$	$S_1 \times 2$	$S_3 \times 2$	$S_2 \times 3$	$S_3 \times 3$
1 женское растение $S_1S_2$	$S_1 \times 1$						
	$S_2 \times 1$						
2 женские растения $S_1S_3$	$S_1 \times 2$						
	$S_3 \times 2$						

3 женские растения $S_2S_3$	$S_2 \times 3$					
	$S_3 \times 3$					

5. При расчёте расщепления по генотипам у потомков будем умножать на введённые коэффициенты для мужских и женских гамет.

		1 мужское растение $S_1S_2$		2 мужские растения $S_1S_3$		3 мужские растения $S_2S_3$	
		$S_1 \times 1$	$S_2 \times 1$	$S_1 \times 2$	$S_3 \times 2$	$S_2 \times 3$	$S_3 \times 3$
1 женское растение $S_1S_2$	$S_1 \times 1$				$S_1S_3 \times 2$		$S_1S_3 \times 3$
	$S_2 \times 1$				$S_2S_3 \times 2$		$S_2S_3 \times 3$
2 женские растения $S_1S_3$	$S_1 \times 2$		$S_1S_2 \times 2$			$S_1S_2 \times 6$	
	$S_3 \times 2$		$S_2S_3 \times 2$			$S_2S_3 \times 6$	
3 женские растения $S_2S_3$	$S_2 \times 3$	$S_1S_2 \times 3$		$S_1S_2 \times 6$			
	$S_3 \times 3$	$S_1S_3 \times 3$		$S_1S_3 \times 6$			

6. Просуммируем результаты скрещивания по генотипам потомков

$$S_1S_2: 2 + 6 + 3 + 6 = 17$$

$$S_1S_3: 2 + 3 + 3 + 6 = 14$$

$$S_2S_3: 2 + 3 + 2 + 6 = 13$$

7. Рассчитаем частоту аллелей для потомков скрещивания

$$17 \text{ растений } S_1S_2 (17S_1 + 17S_2)$$

$$14 \text{ растения } S_1S_3 (14S_1 + 14S_3)$$

$$13 \text{ растения } S_2S_3 (13S_2 + 13S_3)$$

$$\text{Итого в } F_1 - 31S_1 : 30S_2 : 27S_3$$

$$\text{или } 35,2\% S_1 : 34,1\% S_2 : 30,7\% S_3$$

8. Рассчитаем частоту аллелей для родительского поколения

$$1 \text{ растение } S_1S_2 (1S_1 + 1S_2)$$

$$2 \text{ растения } S_1S_3 (2S_1 + 2S_3)$$

$$3 \text{ растения } S_2S_3 (3S_2 + 3S_3)$$

$$\text{Итого в } P - 3S_1 : 4S_2 : 5S_3$$

$$\text{или } 25\% S_1 : 33\% S_2 : 42\% S_3$$

Таким образом, у потомков относительная доля мало представленных аллелей  $S_1$  возросла, а доля часто встречающихся  $S_3$  снизилась, приблизившись к равновесному для трёхаллельной популяции соотношению  $33,3\% S_1 : 33,3\% S_2 : 33,3\% S_3 (1 : 1 : 1)$ .

#### Решение задачи 4.

При засолке огурцов обычно используют рассол с концентрацией  $\text{NaCl}$  40 г/л (атомарная масса  $\text{Na} - 23$ ;  $\text{Cl} - 35,5$ ). Примем, что в вакуолярном соке клеток огурца содержится 17,1 г/л сахарозы (атомарная масса углерода – 12, кислорода – 16, водорода – 1) и 1,56 г/л ионов калия в составе малата калия (атомарная масса калия – 39). Вкладом других растворенных веществ и цитоплазмы в создание осмотического давления пренебечь. Рассчитайте, должен ли при засолке наблюдаться плазмолиз? Чем будет различаться микроскопическая картина в первые дни засолки (малосольный огурец) и в последующие (хорошо просоленный огурец)? Чем будет вызвано это различие? У какого огурца тургор выше (у малосольного или хорошо просоленного)? Почему?

Осмотическое давление раствора снаружи (рассол) и внутри (клетка) можно рассчитать по формуле

$$\pi = \sum i_k C_k RT,$$

где  $i_k$  – изотонический коэффициент некоторого вещества  $k$ , показывающий, сколько молей осмотически активных частиц может дать моль вещества,  $C_k$  – концентрация этого вещества,  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $T$  – температура.

Поскольку  $R$  и  $T$  для рассола и клеток одинаковы, достаточно сравнить  $\sum i_k C_k$ . Плазмолиз будет наблюдаться в том случае, если в рассоле этот показатель будет выше, чем в клетке.

Для рассола:

$$40 \text{ г/л} : (23 + 35,5) \text{ г/моль} = 0,68 \text{ моль/л}$$

Поскольку NaCl полностью диссоциирует в растворе, то из 1 моля получится 2 моля осмотически активных частиц (т.е.  $i = 2$ ) – 1,36 моль/л.

Для клетки:

Сахароза –  $C_{12}H_{22}O_{11}$  – имеет молярную массу  $12 \cdot 12 + 22 \cdot 1 + 11 \cdot 16 = 144 + 22 + 176 = 342$  г/моль. Молярность раствора сахарозы составляет  $17,1 \text{ г/л} : 342 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль/л}$ .

Сахароза не диссоциирует ( $i = 1$ ).

Рассчитаем концентрацию ионов калия.  $1,56 \text{ г/л} : 39 \text{ г/моль} = 0,04 \text{ моль/л}$ . Соли калия полностью диссоциируют в водном растворе. Поскольку сказано, что в растворе присутствует малат калия, а малат – двухзарядный анион, то на каждые 2 иона  $K^+$  приходится 1 ион малата. Таким образом, необходимо учесть ещё  $0,04 : 2 = 0,02 \text{ моль/л}$  осмотически активных частиц.

Найдём  $\sum i_k C_k$  для клетки:  $0,05 \text{ моль/л}$  (сахароза) +  $0,04 \text{ моль/л}$  ( $K^+$ ) +  $0,02 \text{ моль/л}$  (малат) =  $0,11 \text{ моль/л}$ . Эта величина более чем на порядок меньше, чем концентрация осмотически активных частиц в рассоле (1,36 моль/л). Поэтому **плазмолиз будет наблюдаться**.

Микроскопическая картина в первые дни засола будет иной, чем в последующие, прежде всего потому, что плоды огурца снаружи покрыты гидрофобным восковым слоем (кутикулой), который создаёт диффузионный барьер для раствора NaCl. В глубине плода могут сохраняться неплазмолизованные клетки, тогда как около поверхности срезов и царапин будет заметен плазмолиз.

Некоторое время после засола клетки огурца продолжают метаболизм. В межклетниках накапливается углекислый газ, и тургор плода в целом возрастает. Кроме того, активируется сопутствующая микрофлора (бактерии). При этом также может выделяться углекислый газ.