



КЕМЕРОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ

ТЕМА 3. Наследование признаков при взаимодействии генов

План лекции



1. Взаимодействие генов

2. Взаимодействие аллельных генов

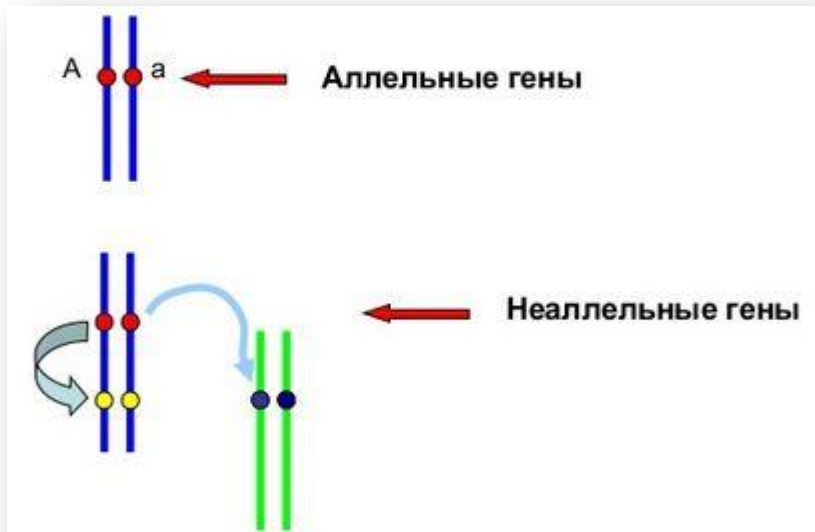
3. Взаимодействие неаллельных генов





Генотип – не просто механический набор генов, это исторически сложившаяся система из взаимодействующих между собой генов

Аллельные гены – гены, расположенные в одинаковых локусах гомологичных хромосом и определяющие развитие одной пары альтернативных признаков



Неаллельные гены — это гены, расположенные в различных участках хромосом и кодирующие неодинаковые белки

1. Взаимодействие генов



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ

АЛЛЕЛЬНЫЕ ГЕНЫ

Полное доминирование

Неполное доминирование

Кодоминирование

Множественный аллелизм

НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ГЕНЫ

Комплементарность

Полимерия

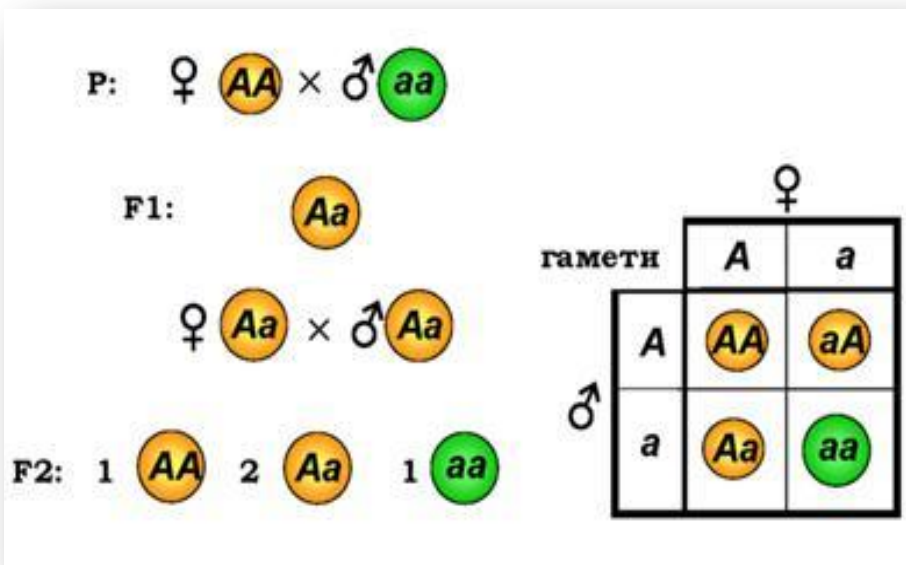
Плейотропия

Эпистаз



2.1. ПОЛНОЕ ДОМИНИРОВАНИЕ

При полном доминировании доминантный ген полностью подавляет проявление действия рецессивного гена

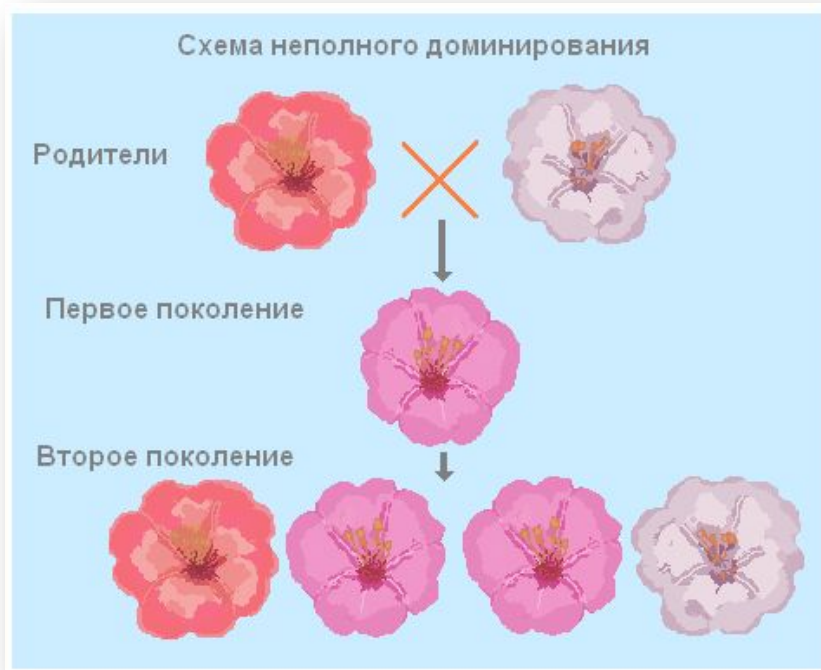


Например, при скрещивании растений гороха с желтыми семенами и с зелеными горошинами гибриды первого поколения будут иметь желтую окраску семян, а во втором поколении расщепление по фенотипу будет **3:1**, а по генотипу – **1:2:1**



2.2. НЕПОЛНОЕ ДОМИНИРОВАНИЕ

При неполном доминировании (промежуточном наследовании) доминантный ген не полностью подавляет проявление действия рецессивного гена

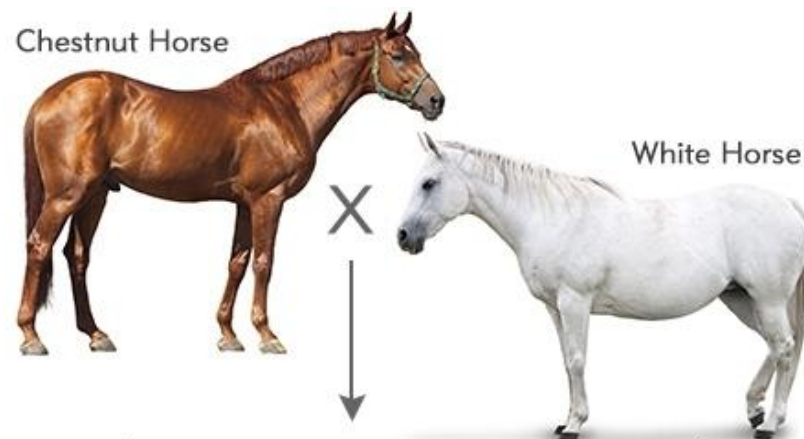
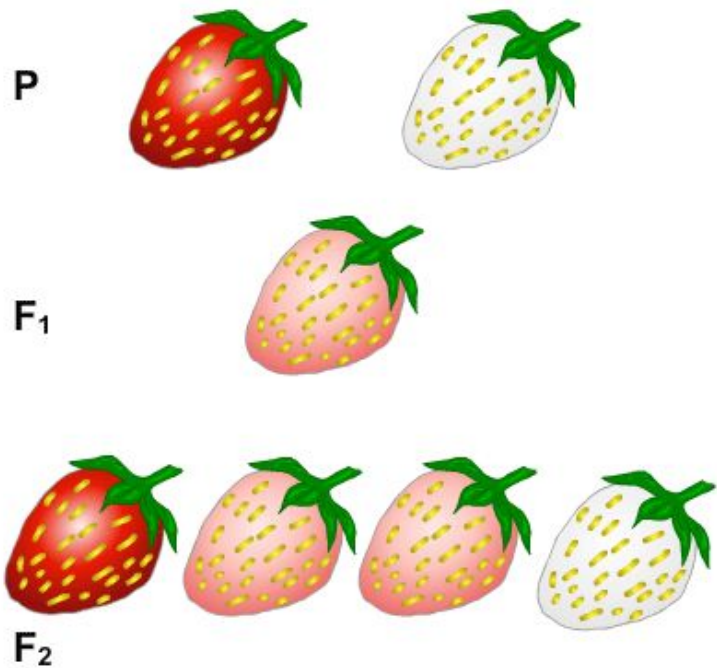


Например, при скрещивании красноцветковых и белоцветковых форм растения ночная красавица гибриды первого поколения будут иметь розовую окраску цветков, а во втором поколении расщепление по фенотипу и генотипу будет одинаково

1: 2: 1



Примеры неполного доминирования

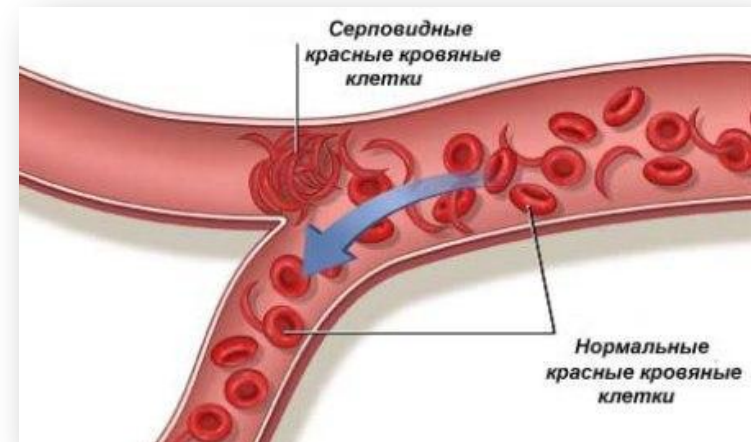
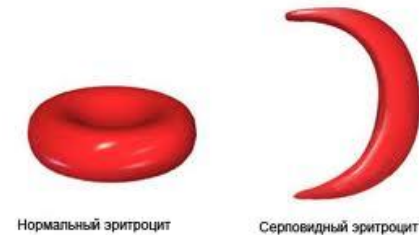




Примеры неполного доминирования

Пример неполного доминирования наследование серповидно-клеточной анемии у человека

A - нормальный гемоглобин
a - серповидно-клеточный гемоглобин
AA – здоров
aa – болен
Aa - носитель серповидно-клеточной анемии
болезнь может проявиться при интенсивной мышечной работе, в условиях высокогорья





2.3. КОДОМИНИРОВАНИЕ

При кодоминировании гены одной аллельной пары равнозначны, ни один из них не подавляет действие другого; если оба находятся в генотипе, оба проявляют свое действие.

НАСЛЕДОВАНИЕ ГРУПП КРОВИ

Группа крови	Генотип
I (0)	j^0j^0
II (A)	J^AJ^A, J^AJ^0
III (B)	J^BJ^B, J^BJ^0
IV (AB)	J^AJ^B

Типичным примером кодоминирования – наследование групп крови человека по АВ0- (группа АВ) и MN- (группа MN) системам. Одновременное присутствие в генотипе генов J^A и J^B обуславливает наличие в эритроцитах антигенов А и В (IV группа крови). Гены J^A и J^B не подавляют друг друга – они являются равноценными, кодоминантными.



Примеры кодоминирования





Решение задачи на кодминирование

Группа	Генотип
I (0)	j^0j^0
II (A)	J^AJ^A, J^AJ^0
III (B)	J^BJ^B, J^BJ^0
IV (AB)	J^AJ^B

У мальчика I группа, у его сестры – IV. Что можно сказать о группах крови их родителей?

Решение

Генотип мальчика – j^0j^0 , следовательно, каждый из его родителей несет ген j^0 . Генотип его сестры – J^AJ^B , значит, один из ее родителей несет ген J^A , и его генотип – J^AJ^0 (II группа), а другой родитель имеет ген J^B , и его генотип J^BJ^0 (III группа крови).

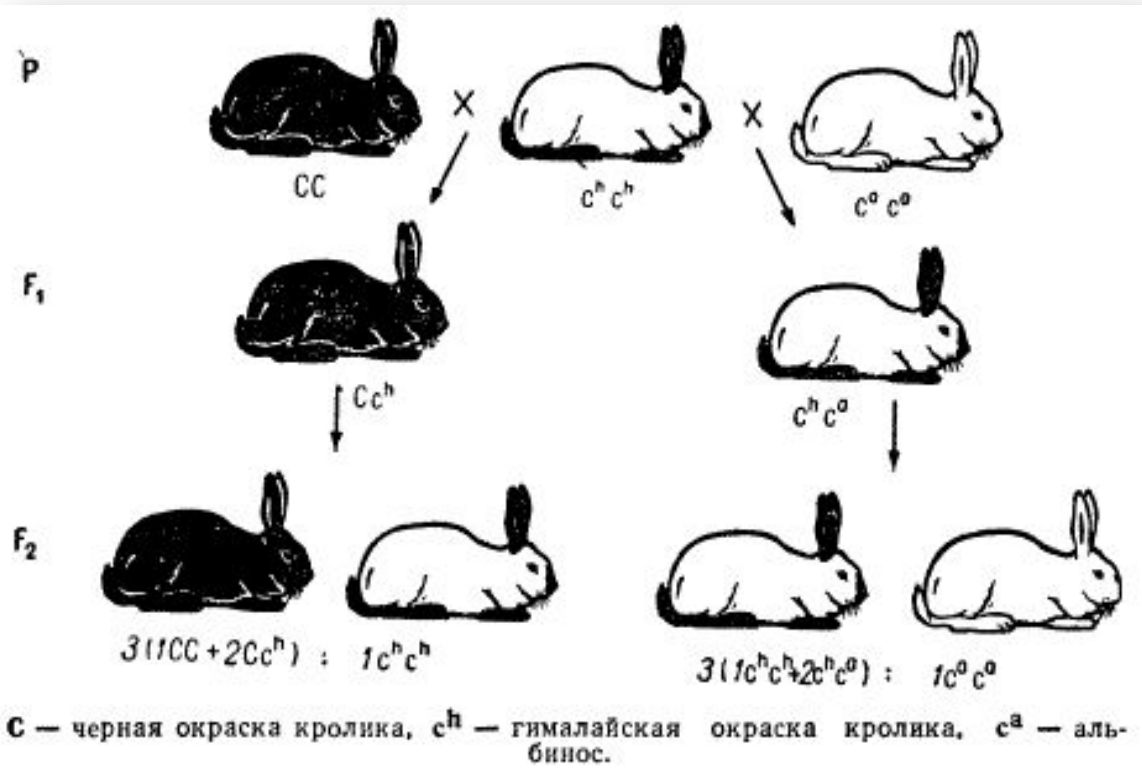
Ответ

У родителей II и III группы крови.



2.4. МНОЖЕСТВЕННЫЙ АЛЛЕЛИЗМ





Множественный аллелизм – это явление, при котором один локус хромосомы представлен серией множественных аллелей



У кроликов установлена серия аллелей этого признака: черный, шиншилла (светло-серый), гималайский (неполный альбинос – имеет черные уши, лапы и кончик хвоста) и альбинос (белый кролик с красными глазами)

2. Взаимодействие аллельных генов



Genotype			
CC	$c^{ch}c^{ch}$	$c^h c^h$	cc
Phenotype			
BLACK	CHINCHILLA	HIMALAYAN	ALBINO
			

У кроликов установлена серия аллелей этого признака: черный, шиншилла (светло-серый), гималайский (неполный альбинос – имеет черные уши, лапы и кончик хвоста) и альбинос (белый кролик с красными глазами)

Члены ряда серии аллелей по-разному определяют развитие признака, вступают в разные доминантно-рецессивные отношения (черный цвет доминирует над светло-серым, светло-серый над гималайским, гималайский над альбиносом)



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Комплементарность

Эпистаз

Полимерия

Плейотропия

3. Взаимодействие неаллельных генов



Комплементарность — процесс взаимодействия двух и более взаимодополняющих друг друга неаллельных генов, при котором появление признака у организма обуславливается обязательным присутствием этих генов в определённом состоянии (обычно в доминантном)

К **комплементарным генам** относятся гены из разных аллельных пар, совместное присутствие в генотипе которых обуславливает развитие качественно нового признака

Действие каждого гена в отдельности воспроизводит признак лишь одного из скрещиваемых родителей





Комплементарность

Расщепление в F_2
при комплементарном действии генов

по фенотипу

по генотипу

1. 9 : 6 : 1

9A-B- : (3A-bb + 3aaB-) : 1aabb

2. 9 : 7

9A-B- : (3A-bb + 3aaB- + 1aabb)

3. 9 : 3 : 4

9A-B- : 3A-bb : (3aaB- + 1aabb)

4. 9 : 3 : 3 : 1

9A-B- : 3A-bb : 3aaB- : 1aabb



КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ

Пример 1. Наследование формы гребня у кур



Один из первых примеров взаимодействия генов был обнаружен в начале XX века при анализе наследования формы гребня у кур

- А – розовидный гребень
- а – листовидный гребень (простой)
- В – гороховидный гребень
- b – не имеет фенотипического проявления

P1 ♀ bb x aaB ♂
розовидный гороховидный

F1 **AaBb** – ореховидный гребень

3. Взаимодействие неаллельных генов



P_2 ♀ $AaBb$ x ♂ $AaBb$

F_2	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB орех-	AABb орех-	AaBB орех-	AaBb орех-
Ab	AABb орех-	AAbb розов-	AaBb орех-	Aabb розов-
aB	AaBB орех-	AaBb орех-	aaBB горох-	aaBb горох-
ab	AaBb орех-	Aabb розов-	aaBb горох-	aabb листов-

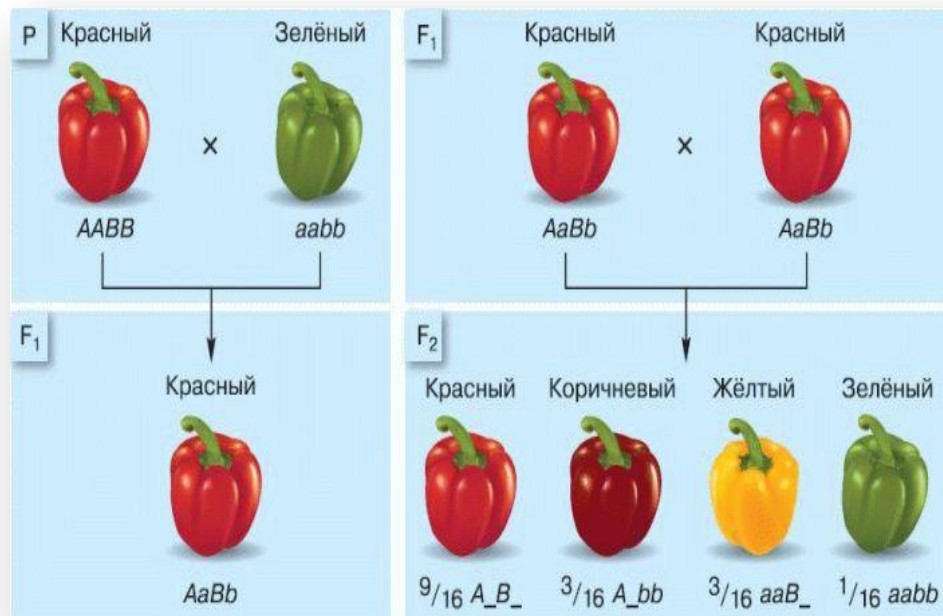
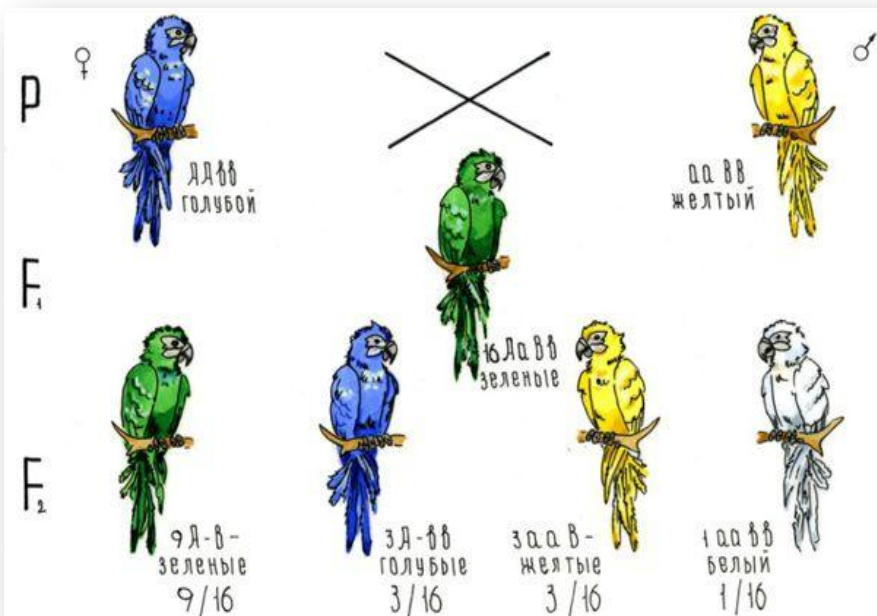


соотношение по фенотипу
9 : 3 : 3 : 1

3. Взаимодействие неаллельных генов



Пример 2. Наследование окраски оперенья у попугаев и окраски плодов у перца



соотношение по фенотипу 9 : 3 : 3 : 1

3. Взаимодействие неаллельных генов



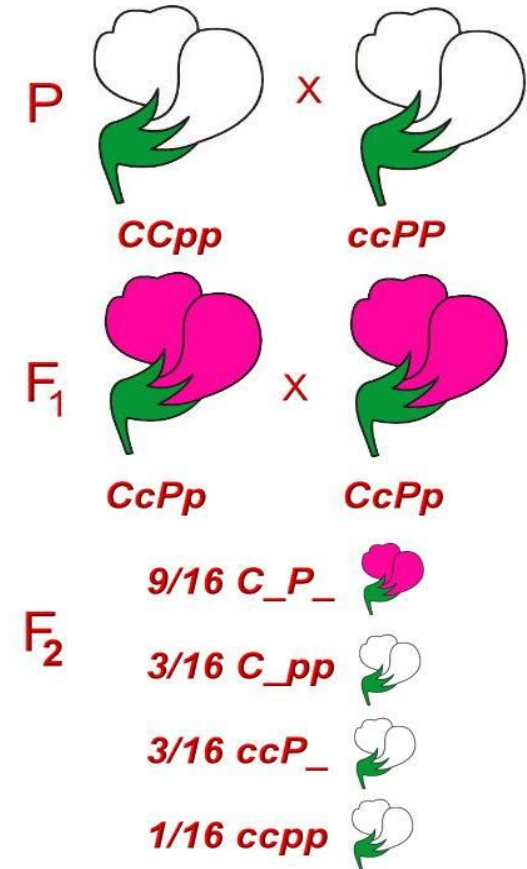
Пример 3. Наследование окраски цветов душистого горошка

- С – белая окраска цветка
- с – альбинизм
- Р – белая окраска
- р – нет эффекта

P ♀ CCpp белая окраска × ♂ ccPP белая окраска

F1 CcPp – красная окраска цветка; возникновение нового признака при сочетании в одном генотипе генов из разных аллельных пар

F2 соотношение по фенотипу
9 : 7





Пример 4. наследование окраски у семян ржи

A – желтая окраска семян ржи

a – белая

B – белая

b – нет эффекта

P ♀ Aabb x ♂ aaBB

F1 AaBb – зеленая окраска

F2 9 A_V_ – зеленая окраска

3 A_bb – желтая

3 aaV_ – белая

1 aabb – белая



соотношение по фенотипу
9 : 3 : 4

3. Взаимодействие неаллельных генов



Пример 5. Наследование формы плода у тыквы

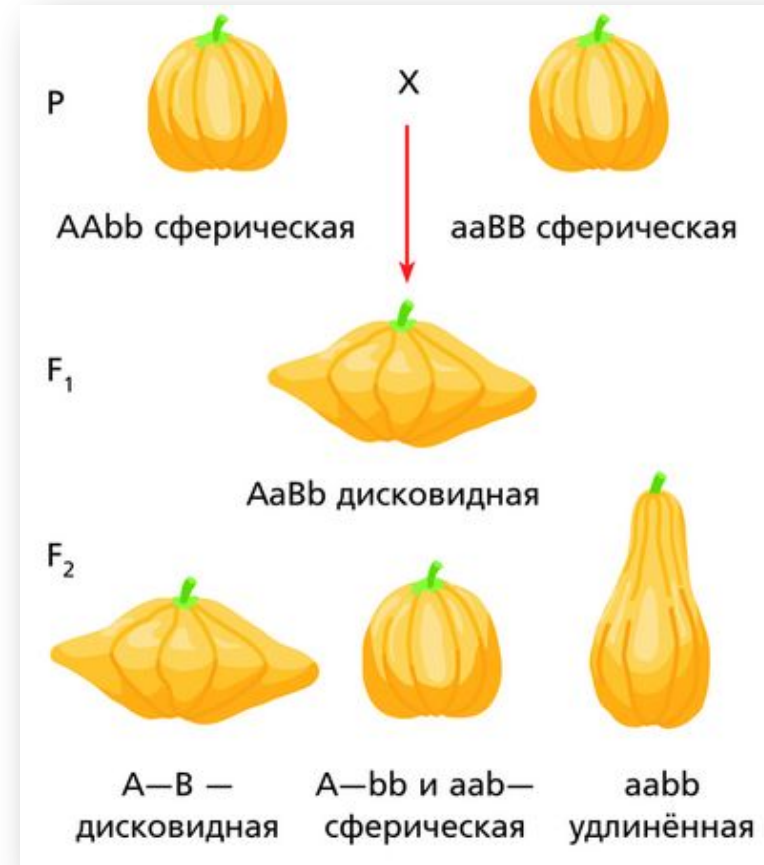
A – сферическая форма плода тыквы,
a – удлинённая,
B – сферическая,
b – нет эффекта

P ♀ Aabb x ♂ aaBB

F₁ AaBb – дисковидная форма

F₂

- 9 A-B – дисковидная
- 3 A-bb – сферическая
- 3 aa-B – сферическая
- 1 aabb – удлинённая



соотношение по фенотипу 9 : 6 : 1



Эпистаз

Эпистаз - взаимодействие генов, при котором активность одного гена находится под влиянием другого гена (генов), неаллельного ему.

Ген, подавляющий фенотипические проявления другого, называется **эпистатичным (супрессор)**

Ген, чья активность изменена или подавлена, называется **гипостатичным**





Эпистаз

Расщепление в F_2
при эпистатическом действии неаллельных генов

по фенотипу	по генотипу
1. 13 : 3	(9C-I- + 3ccI- + 1ccii) : 3C-ii
2. 12 : 3 : 1	(9C-I- + 3ccI-) : 3C-ii : 1ccii
3. 9 : 3 : 4	9C-I- : 3C-ii : (3ccI- + 1ccii)
4. 9 : 3 : 4	9C-I- : 3ccI- : (3C-ii + 1ccii)

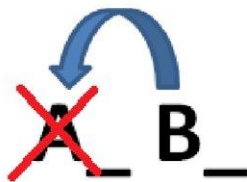


Эпистаз

Доминантный

При **доминантном эпистазе** доминантный ген одной аллельной пары не допускает проявления действия гена другой аллельной пары ($A > B$).

12:3:1; 13:3



Рецессивный

В случае **рецессивного эпистаза** рецессивный ген в гомозиготном состоянии подавляет действие доминантного гена из другой аллельной пары ($aa > B$).

9:3:4





Доминантный эпистаз

Пример 1. Наследование оперения у кур

- С – наличие пигмента
- с – отсутствие пигмента
- I – белая
- i – нет эффекта
- I > C

P ♀ CCII белая × ♂ ccii белый

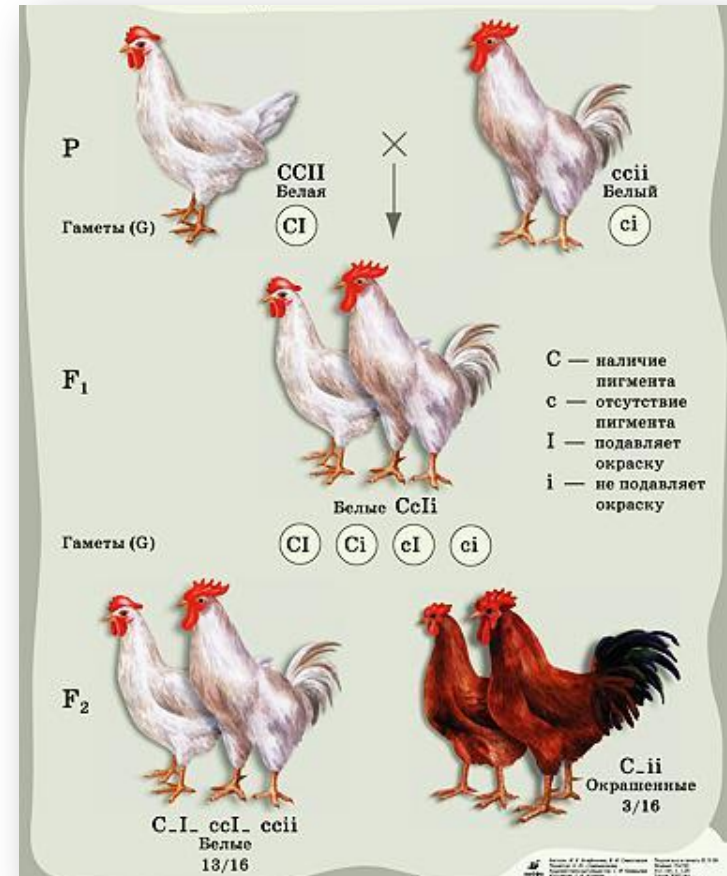
F1 CcIi - белая

F2 9 C_I_ - белые

3 ccI_ - белые

3 C_ii - окрашенные

1 ccii - белые



соотношение по фенотипу
13 : 3

3. Взаимодействие неаллельных генов



Пример 2. Наследование масти у лошадей

V – вороная масть лошади;

b – рыжая

C – серая;

c – нет эффекта

C > V

P ♀ CCVV x ♂ ccbb
серая рыжая

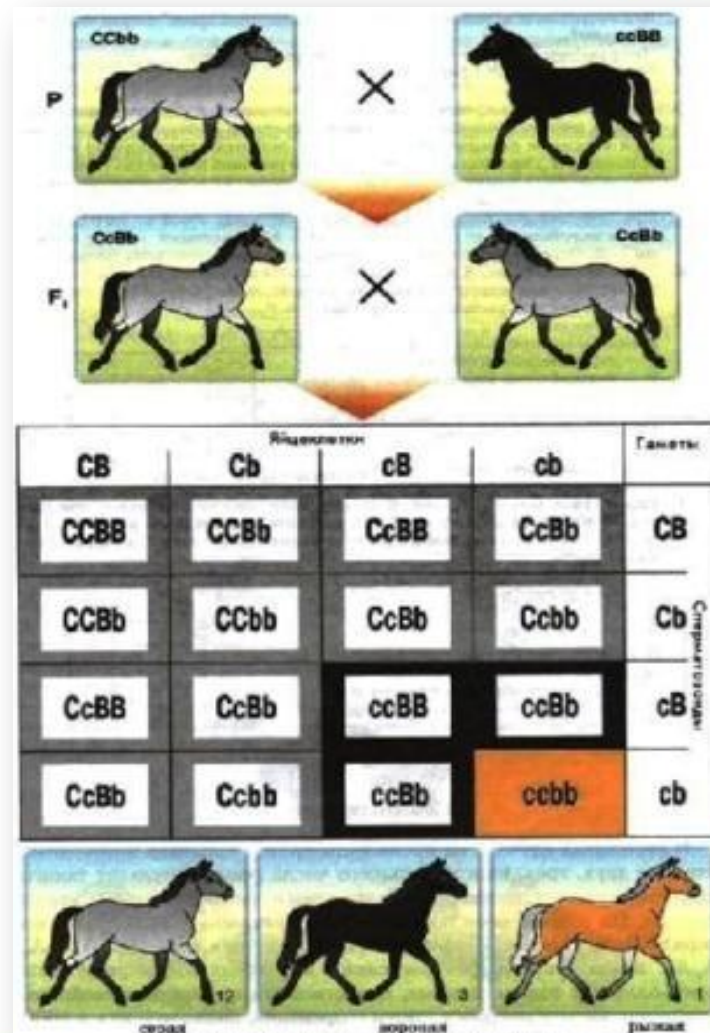
F1 CcVb – серая

F2 9 C-V- серая

3 C- bb серая

3 cc-V- вороная

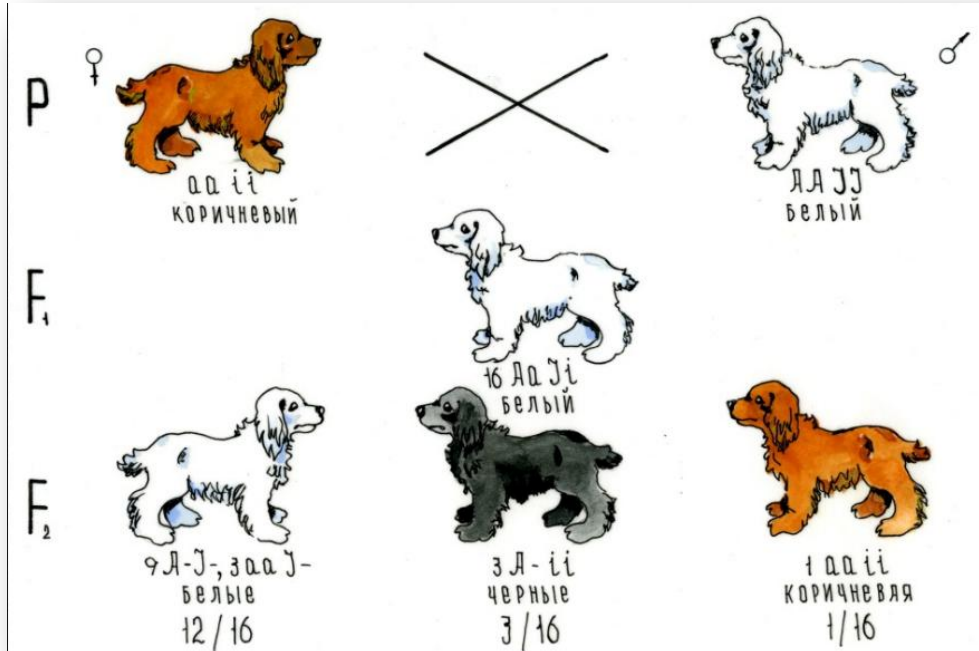
1 ccbb - рыжая



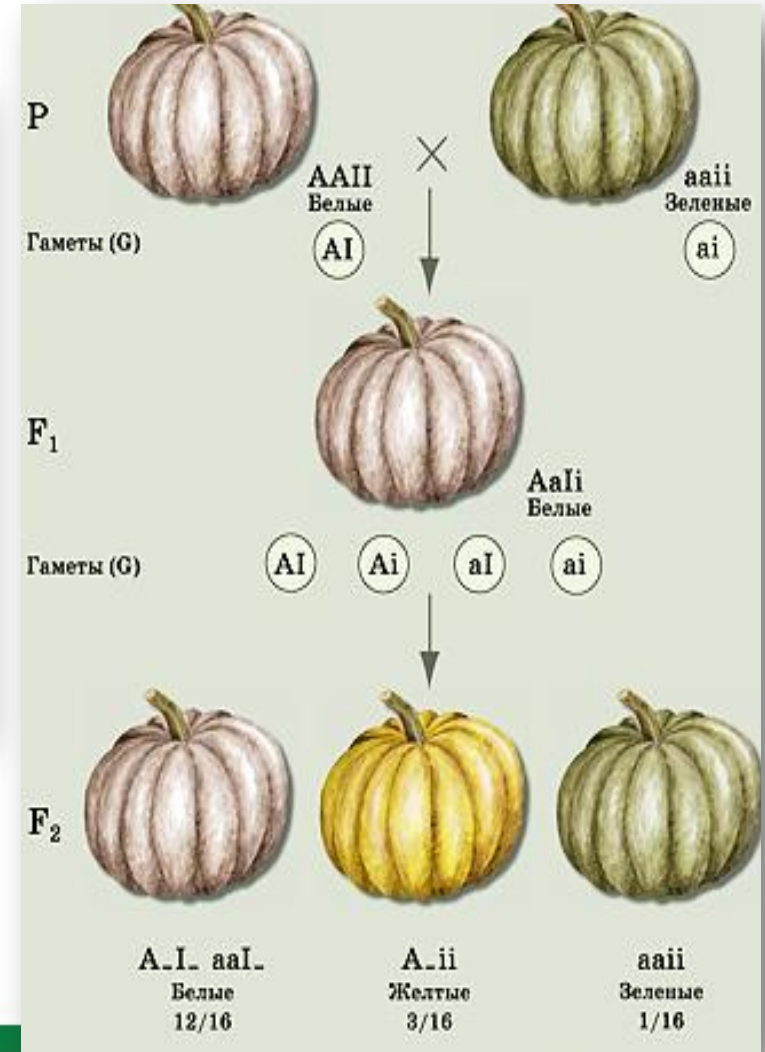
3. Взаимодействие неаллельных генов



Пример 3. Наследование окраски шерсти у собак и плода у ТЫКВЫ



соотношение по фенотипу
12 : 3 : 1



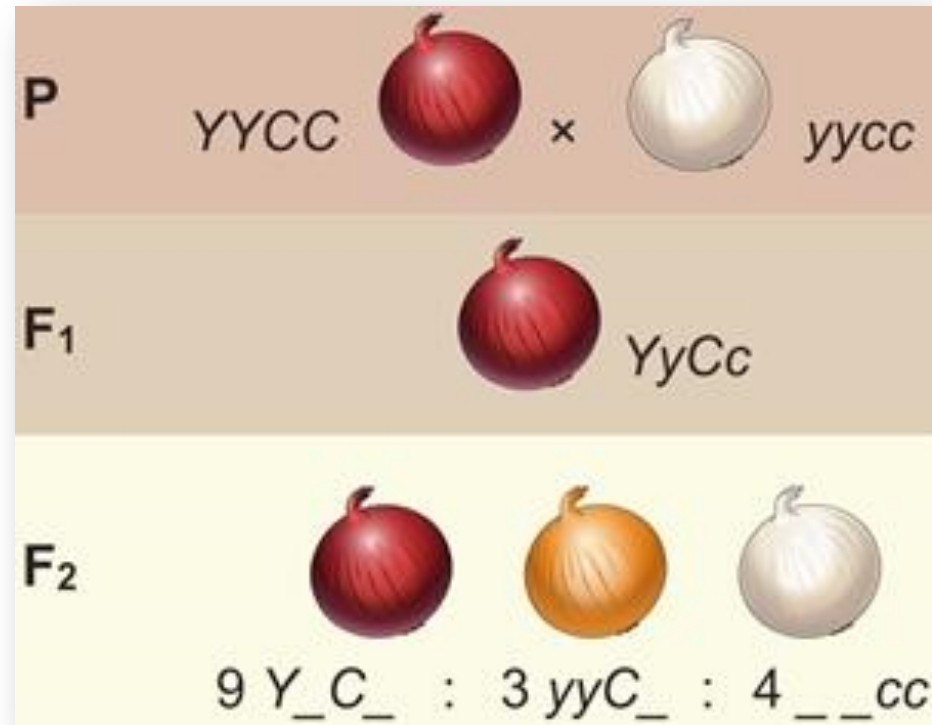


Рецессивный эпистаз

Пример 1. Наследование окраски луковицы у лука

Y – красный цвет луковиц
y – желтый цвет
C – окрашивание луковиц
c – бесцветные луковицы
cc > yy
cc > Y-

**соотношение по фенотипу
9:3:4**





Плейотропия

Плейотропия — явление множественного действия гена. Выражается в способности одного гена влиять на несколько фенотипических признаков. Таким образом, новая мутация в гене может оказать влияние на некоторые или все связанные с этим геном признаки

Этот эффект может вызвать проблемы при селективном отборе, когда при отборе по одному из признаков лидирует один из аллелей гена, а при отборе по другим признакам — другой аллель этого же гена





Полимерия

При полимерии доминантные гены из разных аллельных пар обуславливают развитие одного и того же признака.

Неаллельные гены, действующие однозначно (аддитивно) на формирование одного и того же признака называются **полимерными** или **полигенами**.

Признаки, детерминируемые полимерными генами – **полигенные**.

Полимерные гены принято обозначать одной буквой латинского алфавита с цифровыми индексами: A_1A_1 , A_2A_2 , a_1a_1 и т.д.

- **Кумулятивная полимерия** – изменяются количественные признаки
- **Некумулятивная полимерия** – изменяются качественные признаки



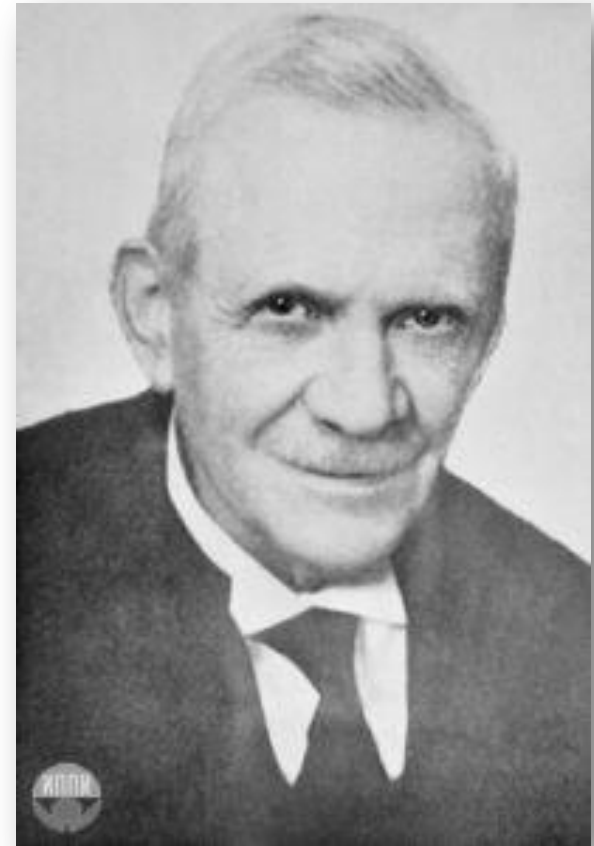
3. Взаимодействие неаллельных генов



Полимерия была открыта шведским генетиком и селекционером Г. Нильсоном-Эле в 1908 г.

По типу полимерии наследуются такие хозяйственно-полезные признаки у растений:

- продолжительность вегетационного периода,
- количество белка в зерне,
- содержание витаминов в плодах,
- высота растений,
- скорость протекания биохимических реакций.



Г. Нильсоно-Эле





Кумулятивная полимерия

По типу кумулятивной полимерии наследуются количественные признаки, например окраска зерна у пшеницы. В случае кумулятивной полимерии интенсивность проявления признака зависит от количества полимерных генов.

A – красный цвет зерна,
a – белый

P $A_1A_1A_2A_2$ x $a_1a_1a_2a_2$

F₁ $A_1a_1A_2a_2$ – светло-красное зерно

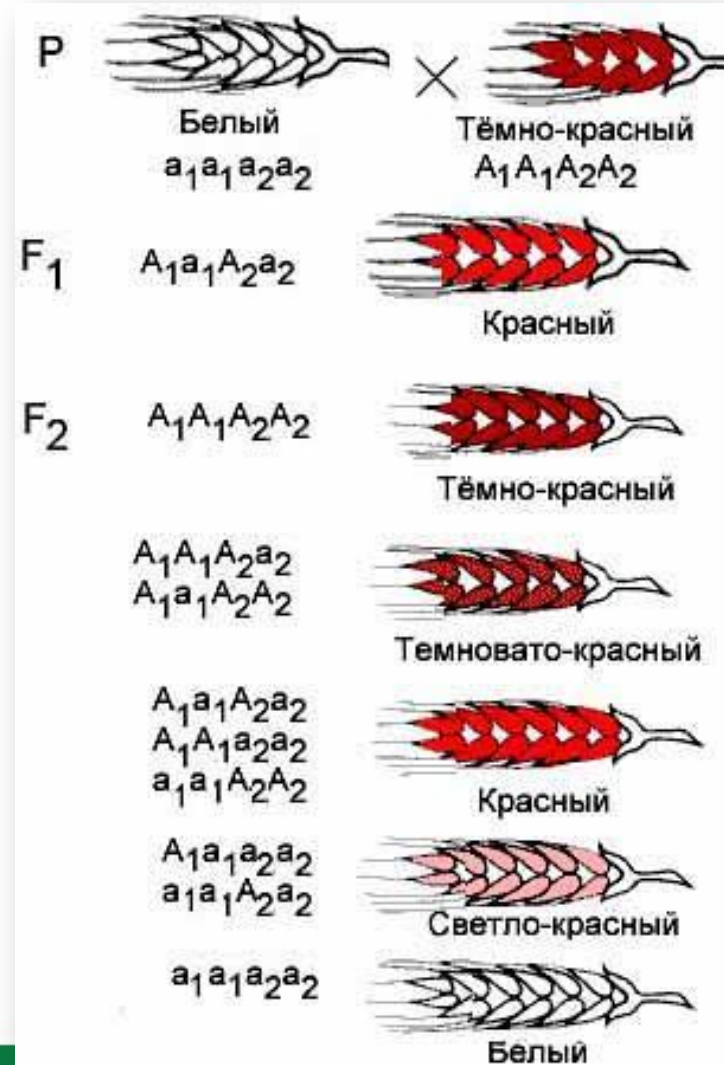
F₂ 1 $A_1A_1A_2A_2$

4 $A_1A_1A_2a_2$

6 $A_1a_1A_2a_2$

4 $A_1a_1a_2a_2$

1 $a_1a_1a_2a_2$





Кумулятивная полимерия

Развитие количественных признаков сильно зависит от влияния внешних условий. Поэтому при изучении наследования количественных признаков необходимо устанавливать, в какой степени изменчивость является результатом действия генов, в какой определяется условиями внешней среды



Чаще всего гены количественных признаков проявляют суммарный эффект, т. е. действуют аддитивно. Замена одного из генов приводит к уменьшению или увеличению генотипической ценности данного признака.



Некумулятивная полимерия

У пастушьей сумки (*Capsella bursa*) треугольная форма плода контролируется полигенами A_1 и A_2 , круглая форма – полигенами a_1 и a_2 .

- A – треугольная форма плода
- a – округлая форма плода

$Р A_1A_1A_2A_2 \times a_1a_1a_2a_2$

$F_1 A_1a_1A_2a_2$ – треугольная форма

$F_2 9 A_1-A_2$ - треугольная

$3 A_1 - a_2a_2$ - треугольная

$3 a_1a_1 - A_2$ - треугольная

$1 a_1a_1a_2a_2$ - округлая



При некумулятивной полимерии наличие в генотипе разного количества доминантных полимерных генов однозначного действия не изменяют выраженности признака. Достаточно одной доминантной аллели любого гена, чтобы вызвать развитие признака.



Трансгрессия

Трансгрессия – усиленное (или ослабленное) проявление какого-либо генетического признака у потомства по сравнению с родительскими особями. Это происходит, когда одна или обе родительские формы не обладают крайней степенью выражения признака, которое может дать данная генетическая система, и, следовательно, в разных локусах хромосом они имеют доминантные и рецессивные аллели.

P ₁	<i>AAbbCCDDee</i> 80 см	×	<i>aaBBccdde</i> 60 см
F ₁	<i>AaBbCcDDee</i>		
F ₂	<i>AABBCCDDee</i> 90 см выше высокорослого родителя	<i>aabbccdde</i> 50 см ниже низкорослого родителя
	положительная трансгрессия		отрицательная трансгрессия

- A, B, C, D, E – положительное действие
- a, b, c, d, e – отрицательное действие

Минимальное количество полимерных генов, при котором проявляется признак, называется **пороговым эффектом**



Контрольные вопросы



1. В чем заключается разница между аллельными и неаллельными генами?

2. Приведите примеры аллельного взаимодействия генов?

3. В чем заключается разница между неполным доминированием и кодоминированием?

4. Что такое комплементарность?

5. Приведите примеры доминантного эпистаза.

6. Приведите примеры рецессивного эпистаза.

6. В чем заключается суть трансгрессии?





Пухальский В. А. Введение в генетику (краткий конспект лекций): учеб. пособие для студ. вузов агр. спец./ В. А. Пухальский. — М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. — 224 с.



Иванищев В.В. Основы генетики: учебник / В.В. Иванищев. — М. : РИОР : ИНФРА-М, 2017 — 207 с.

