
Лекция 10

Тіркесе тұқым қуалау және кроссинговер

Лектор Жунусбаева Ж.К.



Негізгі қарастырылатын сұрақтар:

- 1 Тіркесе тұқымқуалау құбылысының ашылуы
- 2 Тіркесу топтары. Кроссинговер
- 3 Алмасудың мөлшері және гендердің хромосомада тізбектеле орналасуы
- 4 Қос және көптік кроссинговер
- 5 Кроссинговердің цитологиялық дәлелдері





Егер дигибрид $AaBb$ болса, яғни олардағы екі жұп аллельдер әртүрлі хромосомаларда орналасса, онда $A-a$ және $B-b$ аллельдері жыныс клеткаларында бір-біріне тәуелсіз таралады және F_2 -де фенотип бойынша ажырау $9 : 3 : 3 : 1$ қатынасындай болады:

9/16 - A- B-

3/16 - A- bb

3/16 - aa B-

1/16 - aabb



Белгілердің тәуелсіз комбинациялану заңының бұзылуын ең алғаш рет 1906 жылы **У.Бетсон** және **Р.Пеннет** анықтады. Хош иісті бұршақтың әр түрлерін будандастыра отырып олар дигибридті будандастыру кезінде екінші ұрпақта белгілердің ажырауынан күтпеген, өзгеше сипаттағы арақатынасты байқады. Қара қошқыл гүлді тозаңы ұзынша келген (***RRLL***) өсімдікті қызыл гүлді тозаңы дөңгелек (***rrll***) өсімдікпен будандастырғанда F_1 -де қарақошқыл гүлді, тозаңы ұзынша келген (***RrLl***) өсімдіктер алынған. F_1 -дегі гибридтерді өздігінен будандастырғанда F_2 -де мынандай ажыраулар болған:

Қарақошқыл гүлді, тозаңы ұзынша (***R-L-***) – **4831 (69,5%)**,

Қарақошқыл гүлді, тозаңы дөңгелек (***R- ll***) – **390 (5,6%)**,

Қызыл гүлді, тозаңы ұзынша (***rr L-***) - **393 (5,6%)**,

Қызыл гүлді, тозаңы дөңгелек (***rr ll***) - **1138 (19,3%)**.





Т.Морган алғаш рет белгілердің тіркесе тұқым қуалау және олардың өзара сындағы генетикалық рекомбинация құбылысын ашқан. Бұл құбылыс тұқымқуалаушылықтың хромосомалық теориясының генетикалық негізі болды. Осы ашқан еңбегі үшін 1933 жылы Нобель сыйлығының иегері атанды.

Американдық биолог және генетик

(1866 – 1945 жж)



-
- ▶ **Белгілердің тұқым қуалау типтері**
 - ▶ Бір жұп гендермен бақыланатын **белгілер моногенді деп аталады.**
 - ▶ Олар Мендель заңы бойынша тұқым қуалайды (беріледі), сондықтан адамда мұндай **белгілер менделдік белгілер деп аталады.**
 - ▶ Әйгілі американдық генетик В. Маккьюсик XX ғасырдың 60 жылдарынан бастап адамның барлық белгілі менделденуші (қалыпты және патологиялық) белгілерін жинап, жинақтап «Адамның мендельдік тұқым қуалауы. Ауtosомды-доминантты, ауtosомды-рецессивті және X-тіркесті фенотиптер каталогы» атаумен жүйелі түрде жариялап тұрады.
-



Томас Гент Морган - американдық биолог және генетик.
Нобель сыйлығының лауреаты (1933 жыл).



(1866-1945)



- ▶ Т. Морган және оның мектебі
 - ▶ (Г. Меллер, А.Стертевант , К. Бриджес және т.б.) тұқымқуалаушылықтың хромосомалық теориясының негізін қалады;
 - ▶ Гендердің хромосомада орналасуының заңдылықтары Г.Мендельдің заңдарының цитологиялық механизмдерін түсіндіруге көмектесті.
-





Альфред Хенри Стертевант

(1891 – 1970 жж)



Кальвин Бриджес

(1889 – 1938 жж)



Егер F_1 -дегі гибрид өсімдік талдаушы ретінде будандастырылса:

$$\mathbf{F1} \quad \frac{\underline{AB}}{ab} \quad \times \quad \frac{\underline{ab}}{ab}$$

$$\mathbf{F2} \quad 2 \frac{\underline{AB}}{ab} \quad 2 \frac{\underline{ab}}{ab}$$

F_2 ұрпағында ажырау $1 : 1 : 1 : 1$ -ге емес, $1 : 1$ қатынасындай болып шығады.



Енді гендердің екі аллельді жұбы ***Aa*** мен ***Bb*** екі әртүрлі хромосомаларда емес, хромосомалардың бір ұқсас (*гомологты*) жұбында ғана болады делік.

$$\mathbf{F1} \quad \frac{\underline{AB}}{ab} \quad \times \quad \frac{\underline{AB}}{ab}$$

$$\mathbf{F2} \quad \text{Генотип} \quad 1 \frac{\underline{AB}}{AB} \quad 2 \frac{\underline{AB}}{ab} \quad 1 \frac{\underline{ab}}{ab}$$



Бір жұп гомологты хромосомада орналасқан гендердің тұтасымен тұқымқуалап *тіркесу топтарын* құрайды. Белгілі бір топқа жататын гендерді будандастыру кезінде бір-бірімен тіркесетіндігі байқалды, ал әртүрлі топтарға жататын гендер бір-біріне тәуелсіз тұқым қуалайды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесі *гендердің тіркесу топтарының саны* хромосомалар жұптарының санына сәйкес келетіндігін көрсетті.

Мысалы:

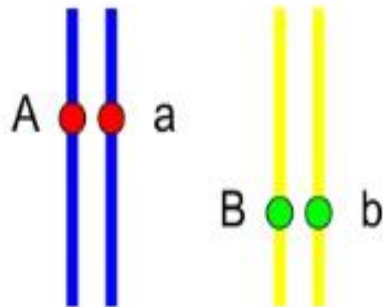
дрозофила шыбынында - **4 жұп хромосома және 4 тіркесу тобы**,
арпа мен бұршақта - **7 жұп хромосома және 7 жұп тіркесу тобы**,
жүгеріде - **10 жұп хромосома және 10 жұп тіркесу тобы**,
қызанақта (томат) - **12 жұп хромосома және 12 жұп тіркесу тобы**,
адамдарда - **23 жұп хромосома және 23 тіркесу тобы** бар.



Гены

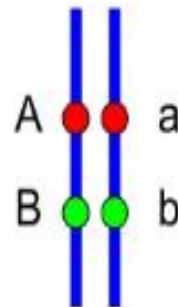
30 000 генов
46 хромосом

Несцепленные
(в разных хромосомах)

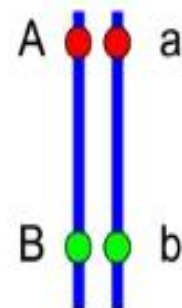


Сцепленные
(в одной хромосоме)

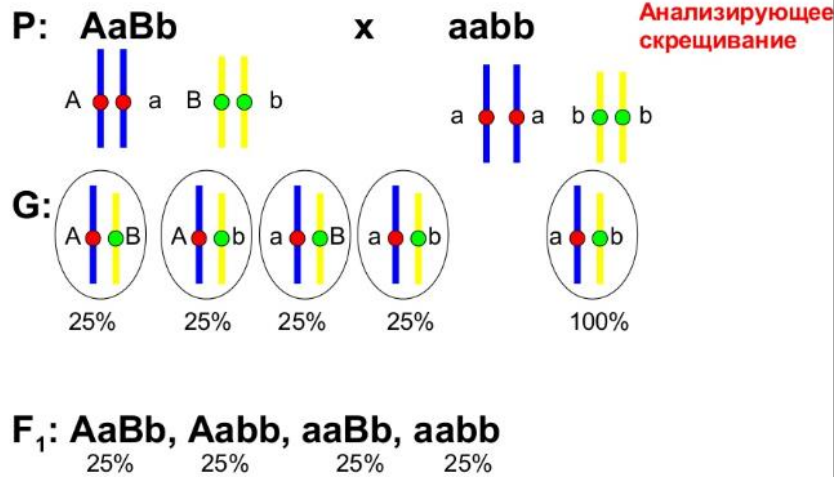
Полное (абсолютное)
сцепление



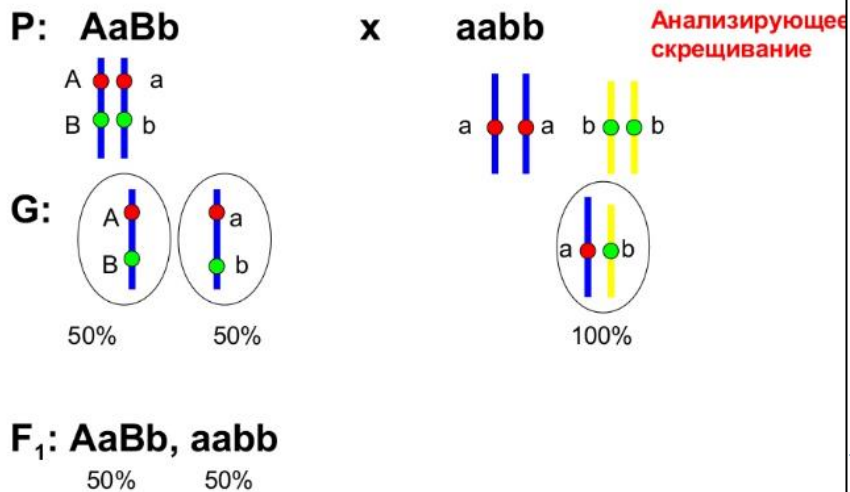
Неполное
сцепление



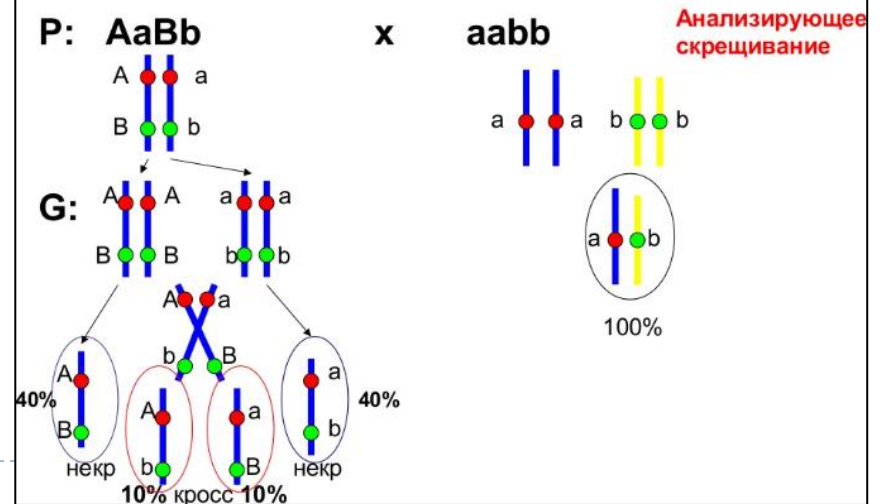
Наследование несцепленных генов



Наследование при полном (абсолютном) сцеплении генов



Наследование при неполном сцеплении генов



$$\mathbf{F1} \quad \frac{\underline{\underline{AB}}}{ab} \times \frac{\underline{\underline{ab}}}{ab}$$

$$\mathbf{F2} \quad 2 \frac{\underline{\underline{AB}}}{ab} \quad 2 \frac{\underline{\underline{ab}}}{ab}$$

1 : 1

Толық тіркесу құбылысымен қатар заңды түрде *толымсыз тіркесу* болып отырады. Бұл жағдайда ата анасына ұқсамайтын жаңа белгілері бар дарабастар пайда болады:

$$\frac{\underline{\underline{Ab}}}{ab} \quad \frac{\underline{\underline{aB}}}{ab}$$

Мұндай жаңа фенотиптер *рекомбинанттар* деп аталады.



Хромосома айқасуының генетикалық дәлелдемелері

Дрозофила шыбынының қара түсі - b (*black*),
 сұр түсі - b^+ , қанаты жетілмеген - vg (*vestigial*), қанаты жетілген - vg^+

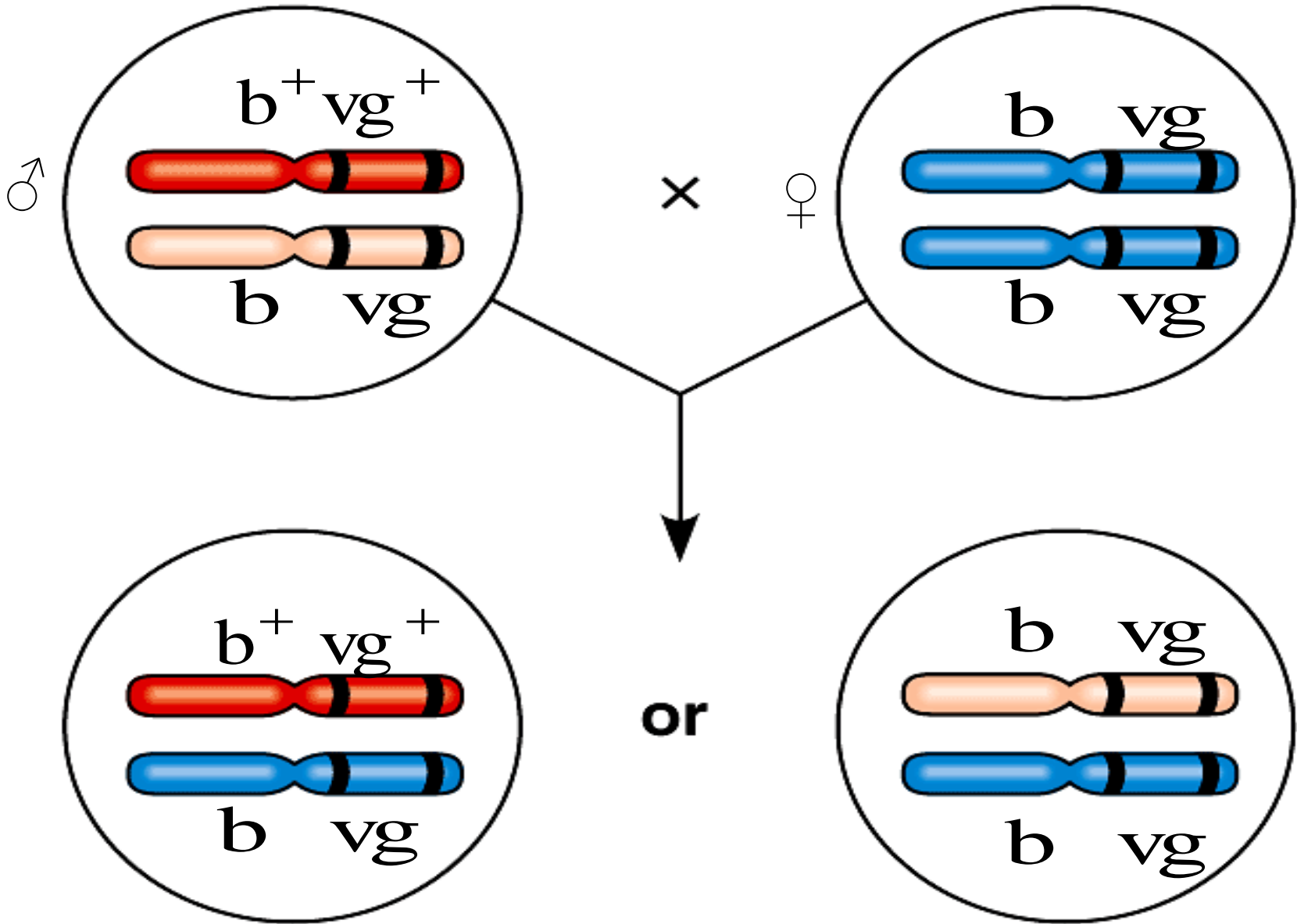
$$\begin{array}{l} \text{Ата} \\ \text{аналық} \end{array} \quad \frac{b \ vg}{b \ vg} \times \frac{b^+ \ vg^+}{b^+ \ vg^+}$$

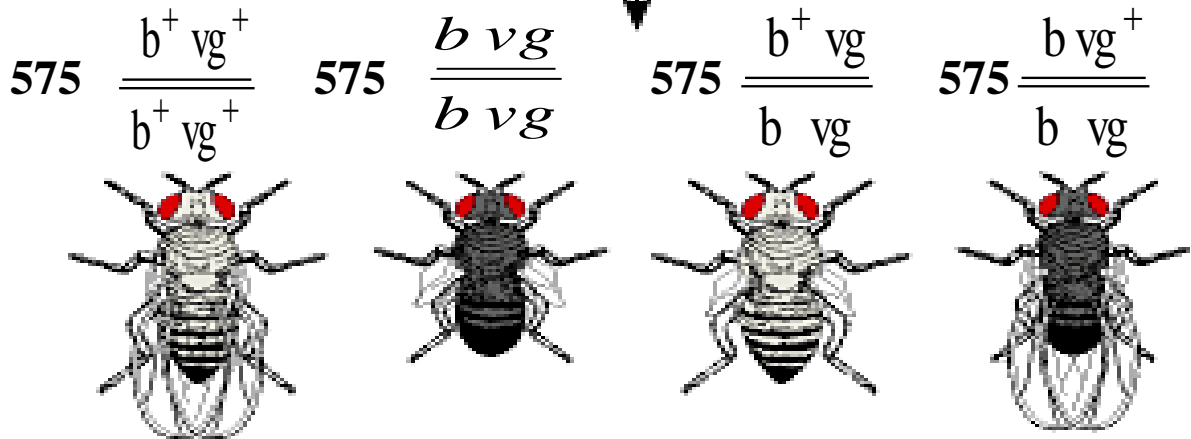
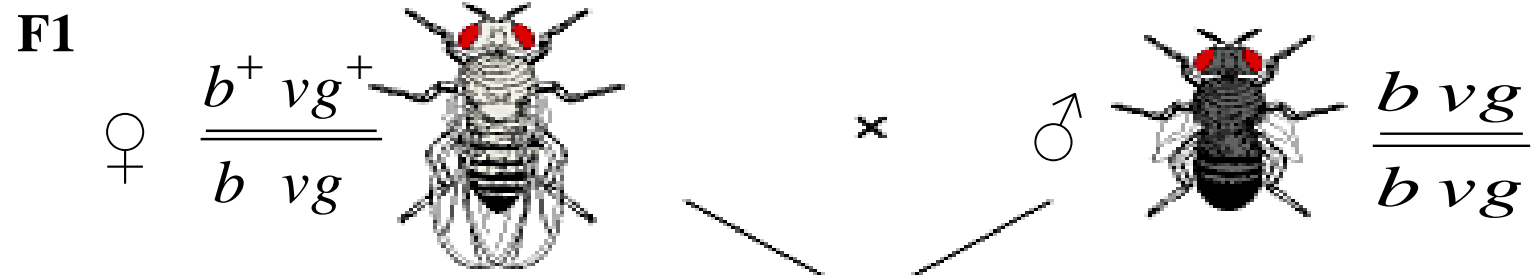
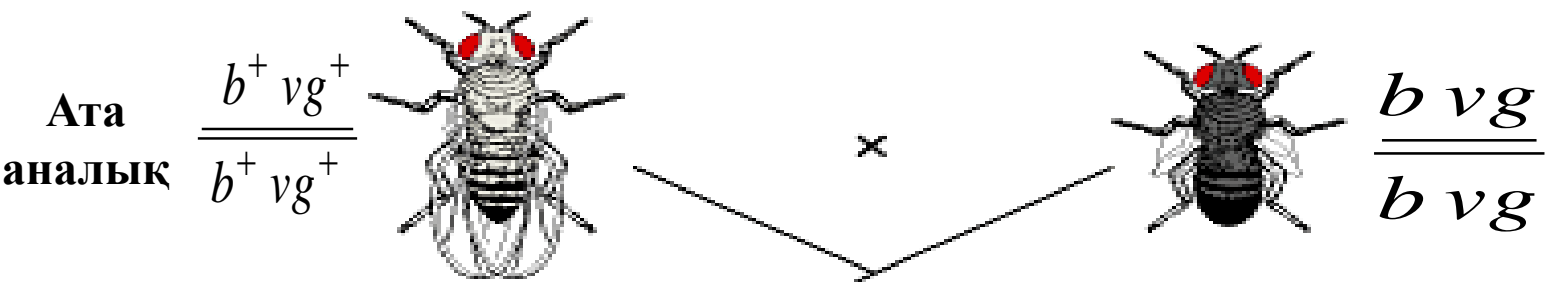
$$\text{F1} \quad \frac{b^+ \ vg^+}{b \ vg}$$

$$\text{♂} \quad \frac{b^+ \ vg^+}{b \ vg} \times \text{♀} \quad \frac{b \ vg}{b \ vg}$$

$$50\% \quad \frac{b \ vg}{b \ vg} \quad 50\% \quad \frac{b \ vg}{b^+ \ vg^+}$$

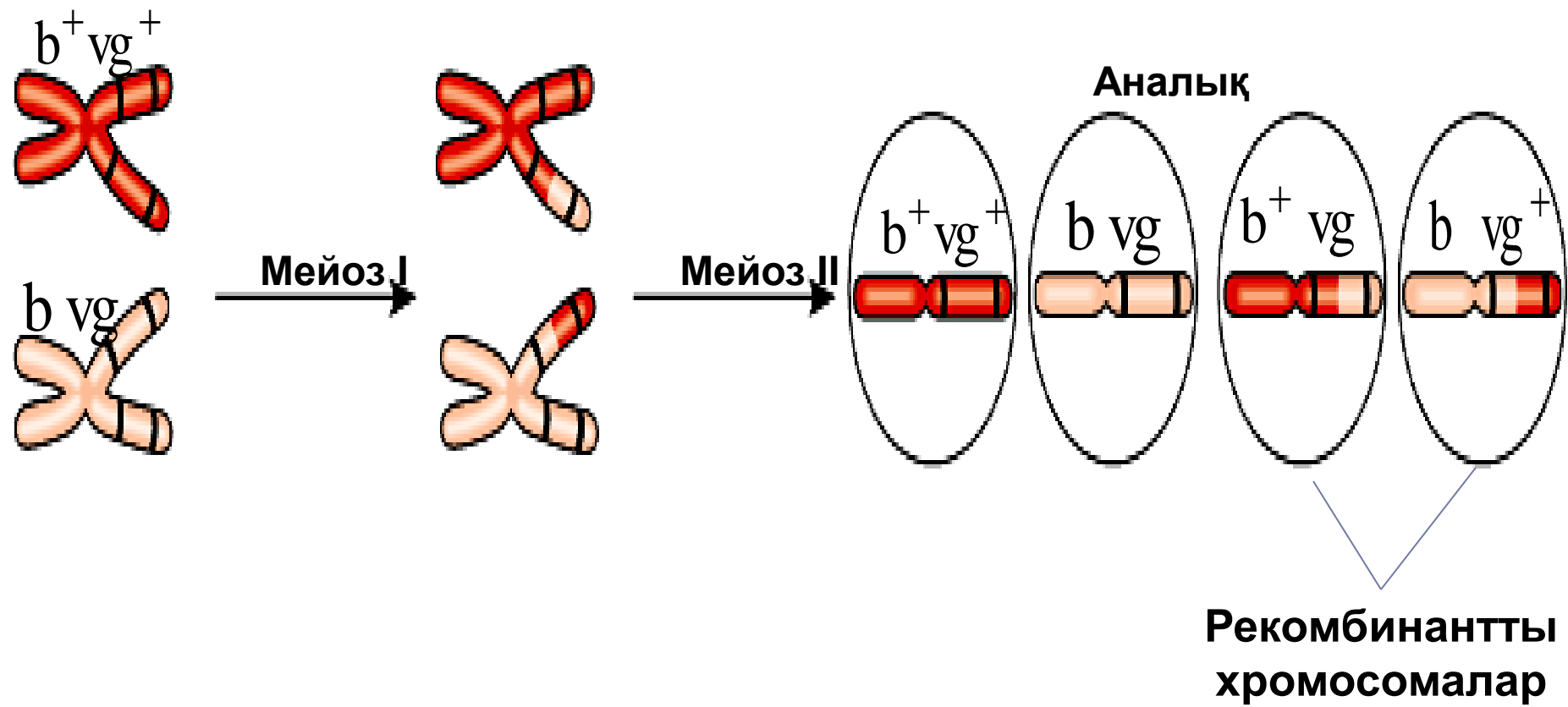






кроссоверлі емес

кроссоверлі



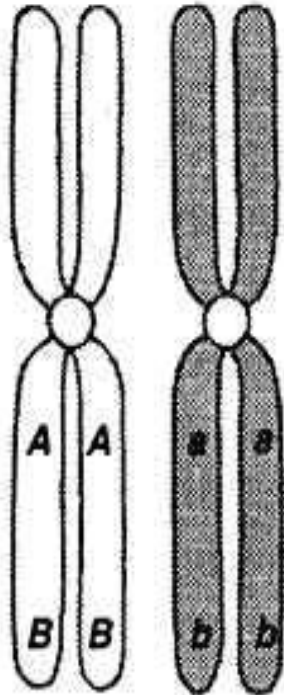
-
- ▶ Дигетерозиготалы аналықтарды мутантты аталықтармен шағылыстырғанда екі типті емес төрт типті шыбындар пайда болды: екі талданушы белгі бойынша қалыпты, екі белгі бойынша да мутантты және «айырықша» шыбындар: сұр түсті, жетілмеген қанатты және қара қанаты қалыпты.
 - ▶ •Бұл эксперименттердің нәтижелері гомологты хромосомалардың кроссинговері нәтижесінде гендердің рекомбинациясы құбылысын ашуға алып келді:
 - ▶ •кроссинговер *тек гибридтік аналықтардың гаметогенезінде ғана жүреді,*
 - ▶ •*гибридтік аталықтардың гаметогенезінде жүрмейді.*
-



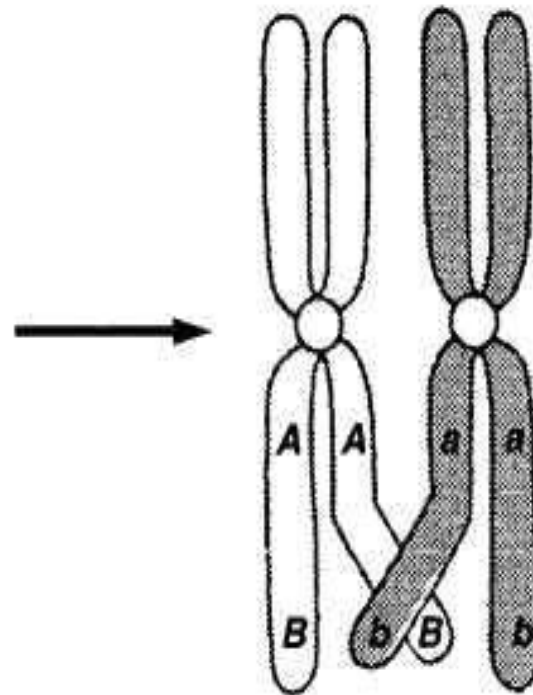
- ▶ Кроссинговер гаметогенездің пісіп жетілу аймағында мейоз I профаза I пахитена сатысында жүреді.
- ▶ •Кроссинговер гомологты хромосомалардың аймақтарымен (аллелдерімен) алмасуы;
- ▶ •Кроссинговер ұрпақтарында ата аналарына ұқсамайтын, жаңа гендердің үйлесімдерін түзіп, ұрпақтардың әртүрлілігін артырып, түрдің сыртқы ортаға адаптациясын жоғарлатады.



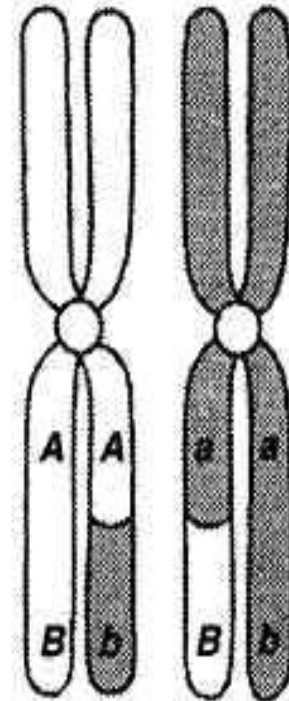
Биваленты



Кроссинговер

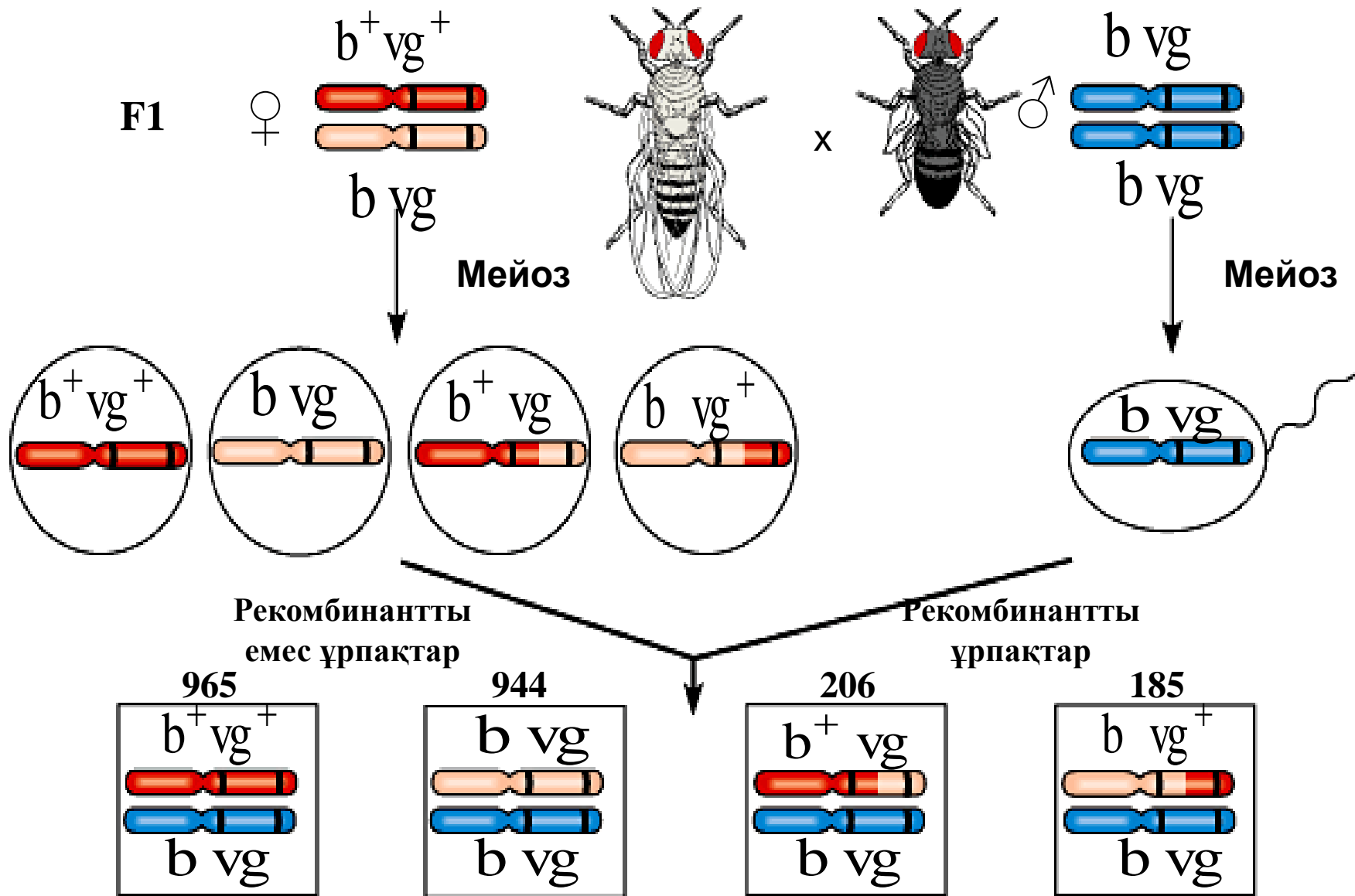


**Генетическая
рекомбинация**



*Екі хромосома арасындағы гендер алмасуының
(кроссинговер) сызбасы*





Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

$$\text{Рекомбинация жиілігі} = \frac{206 + 185}{(965 + 944) + (206 + 185)} = \frac{391}{2300} \times 100 = 17\%$$

F_1 :	AaBb,	Aabb,	aaBb,	aabb
	80	20	20	80
	некр.	кросс.	кросс.	некр.

Расстояние между генами =

$$\frac{20+20}{80+20+20+80} * 100\% = 20\% = 20 \text{ морганид}$$



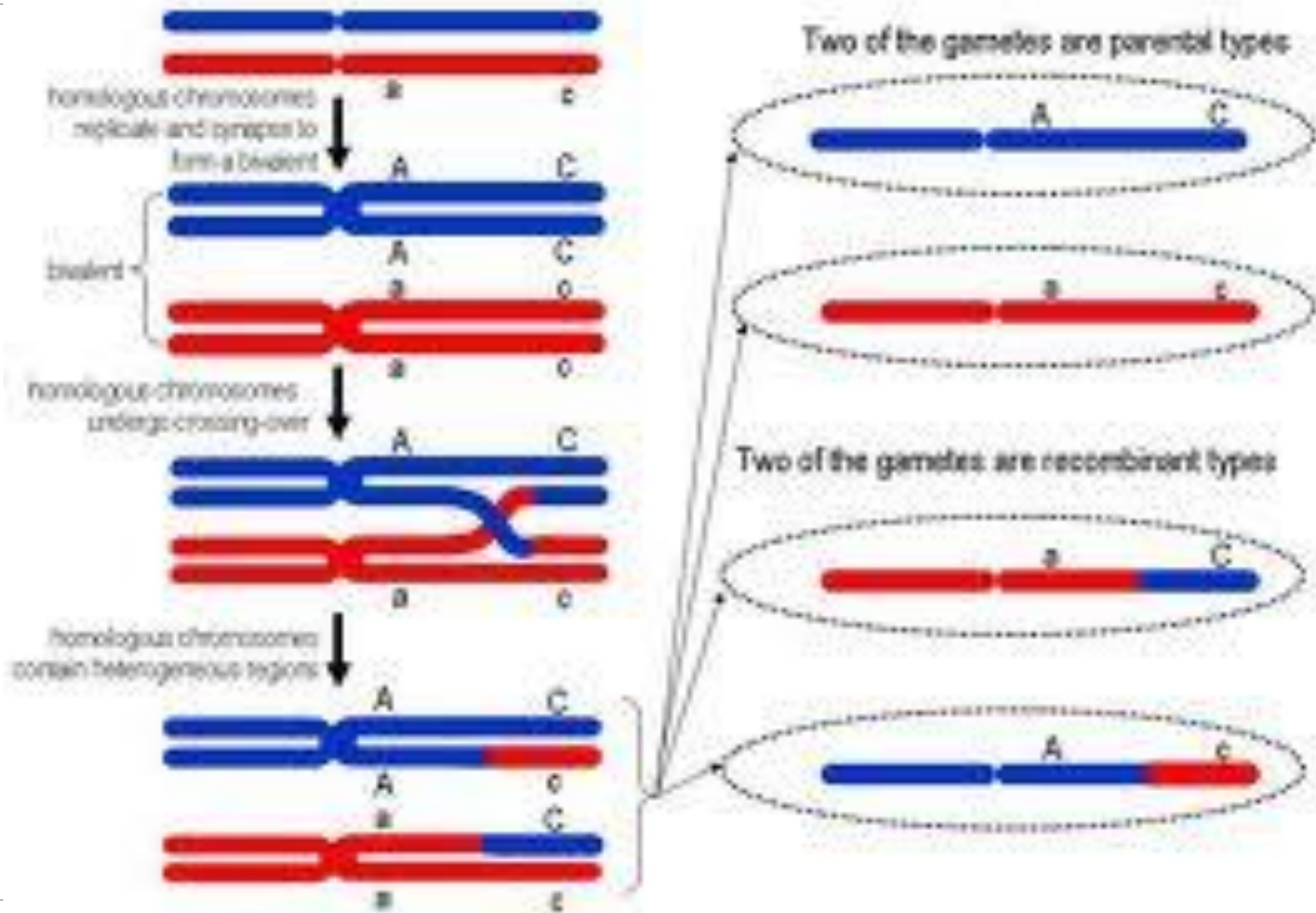
Эволюция процесінде аналық және аталық даралардан алынған гомологты хромосомалар арасында аллельдердің алмасуы нәтижесі, гендердің жаңа комбинацияларының түзілуіне алып келетін механизмдері пайда болды. Бұл мейоздың редукциялық бөліну кезеңінің профазасы сатысында жүзеге асатын процесс - **кроссинговер** деп аталады.



Кроссинговер тек гендер гетерозиготалы (**AB/ab**) болғанда ғана байқалады. Гендердің гомозиготалы **AB/AB** және **ab/ab** қалпында хромосомалардың айқасуын көре алмаймыз, себебі ұқсас гомологты бөліктердің алмасуы гаметаларда және ұрпақта гендердің жаңа комбинацияларын бермейді.



Екі гетерозигота локусындағы кроссинговер



Сонымен, талдаушы будандастыру кезінде F_T -дан алынған шыбындарда төрт түрлі фенотиптік кластар көрінген: оның екі класы бастапқы аталық аналық дараларға ұқсас (кроссоверлі емес) болса, ал, екі класы жаңа белгілермен сипатталған **кроссоверлі** даралар болған. Сонымен шыбындардағы кроссоверлі кластар жұбының саны, талдаушы будандастыруда алынған жалпы ұрпақтар санының 17%-ын құраған. Бұл көрсеткіш b және vg гендерінің арасындағы **кроссинговер пайызын** немесе осы гендердің шамамен **арақашықтығын** көрсетеді



Кроссинговер жиілігін мына формуламен есептеуге болады:

$$\frac{n_1}{n} \cdot 100\%$$

мұндағы n – ұрпақтардың жалпы саны, n_1 – кроссоверлі даралардың саны.



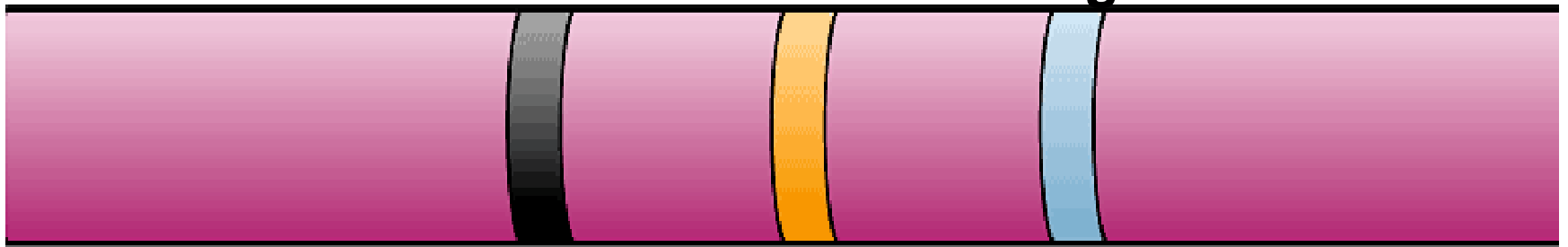
Рекомбинация жиілігі:

9% 9,5%

17%

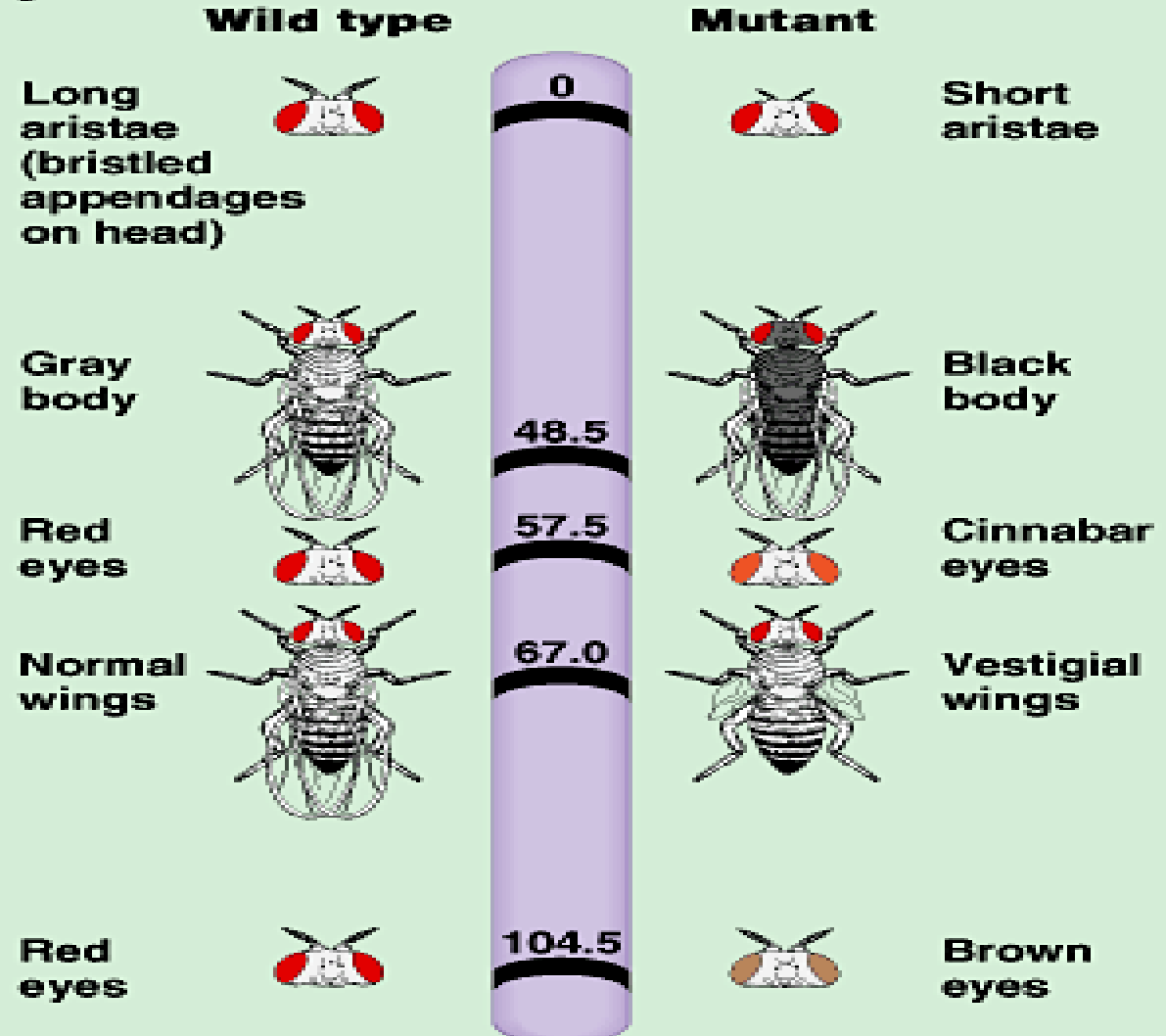
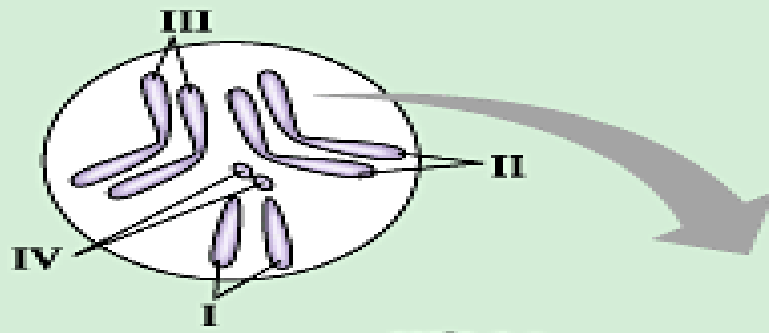
b

vg



Хромосома





- Бір хромосомада орналасқан гендердің арақашықтығы 50 морганидтен жоғары болса, гендер тәуелсіз тұқым қуалайды.



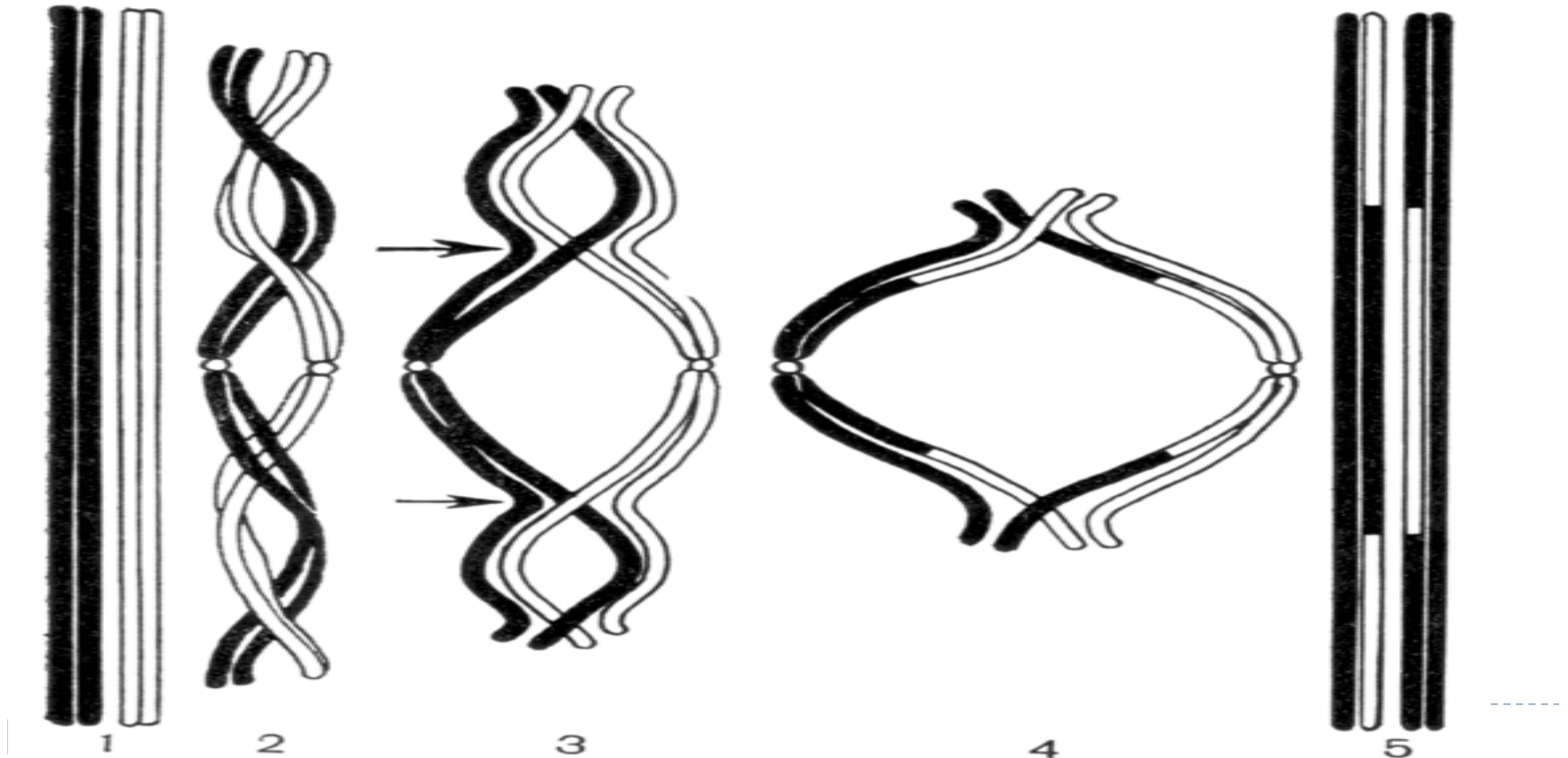
Сонымен гендердің тәуелсіз тұқым қуалауы екі жағдайда байқалады:

1. Гендер бір хромосомада 50 морганидтен алыс орналасқанда
2. Гендер әр түрлі хромосомаларда орналасқанда.

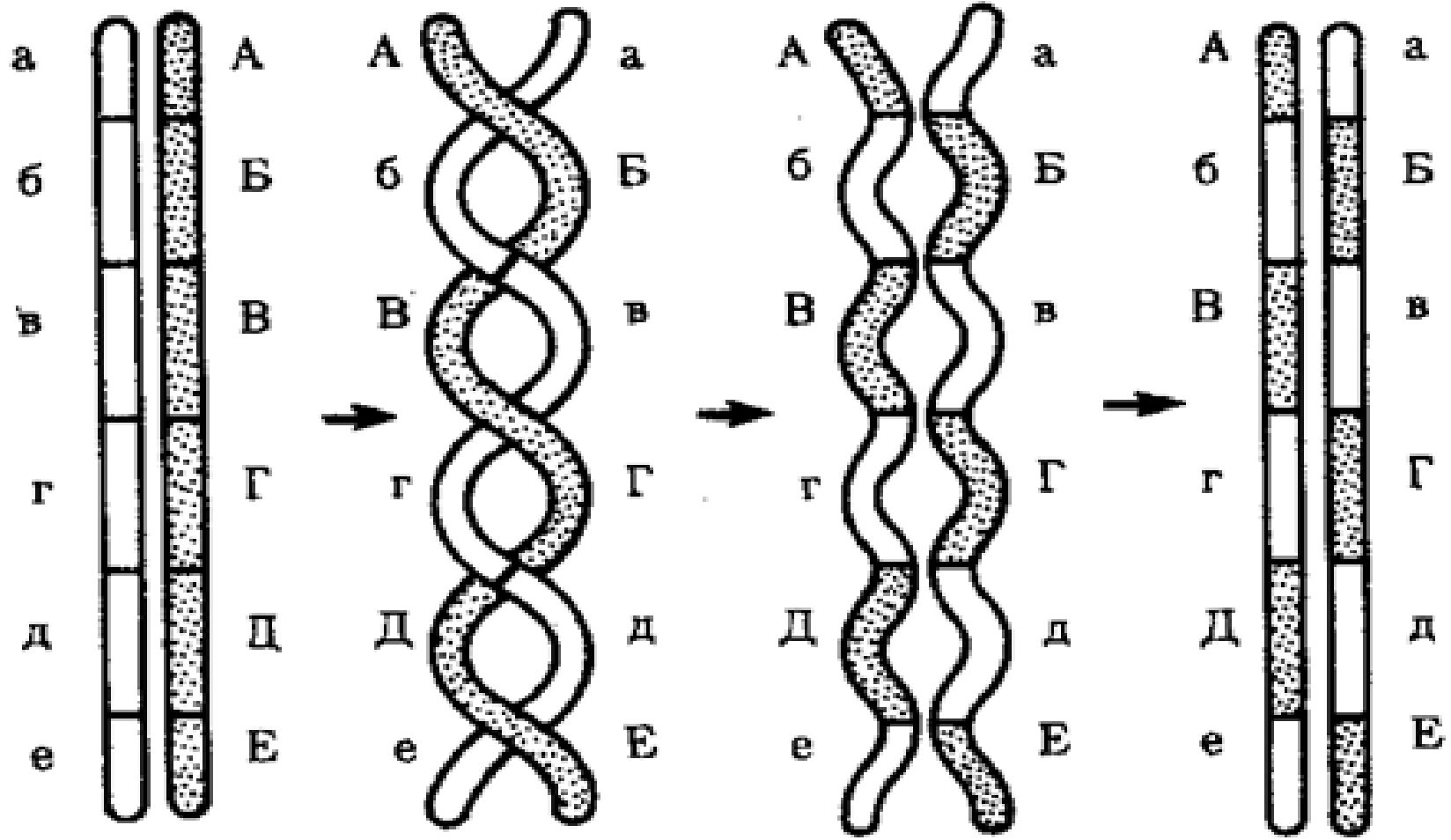


Хромосомалардың бір реттік және көп реттік айқасуы

Хромосомалардың бір бөлігінде болған айқасу **бір реттік**, екі бөлігінде болған айқасу **қос реттік** айқасу, ал, үш немесе одан көп бөліктерде болған айқасу **көп реттік** деп аталады.



Көптік кроссинговер



Қос және көптік кроссинговер

Кроссинговер гомологты хромосомалар жұбының бір немесе бірнеше нүктелерінде қатарынан бір мезгілде пайда болуы мүмкін. Айқасу *A-a* және *B-b* немесе *B-b* және *C-c* локустарының арасындағы бөлімшелерде, не болмаса екі бөлімшелердің екеуінде де бір мезгілде болуы мүмкін. Мұндай жағдай *қос кроссинговер* деп аталады.

$$P: \quad \text{♀} \frac{ABC}{ABC} \quad \times \quad \text{♂} \frac{abc}{abc}$$

$$G: \quad A \quad B \quad C \qquad \qquad a \quad b \quad c$$

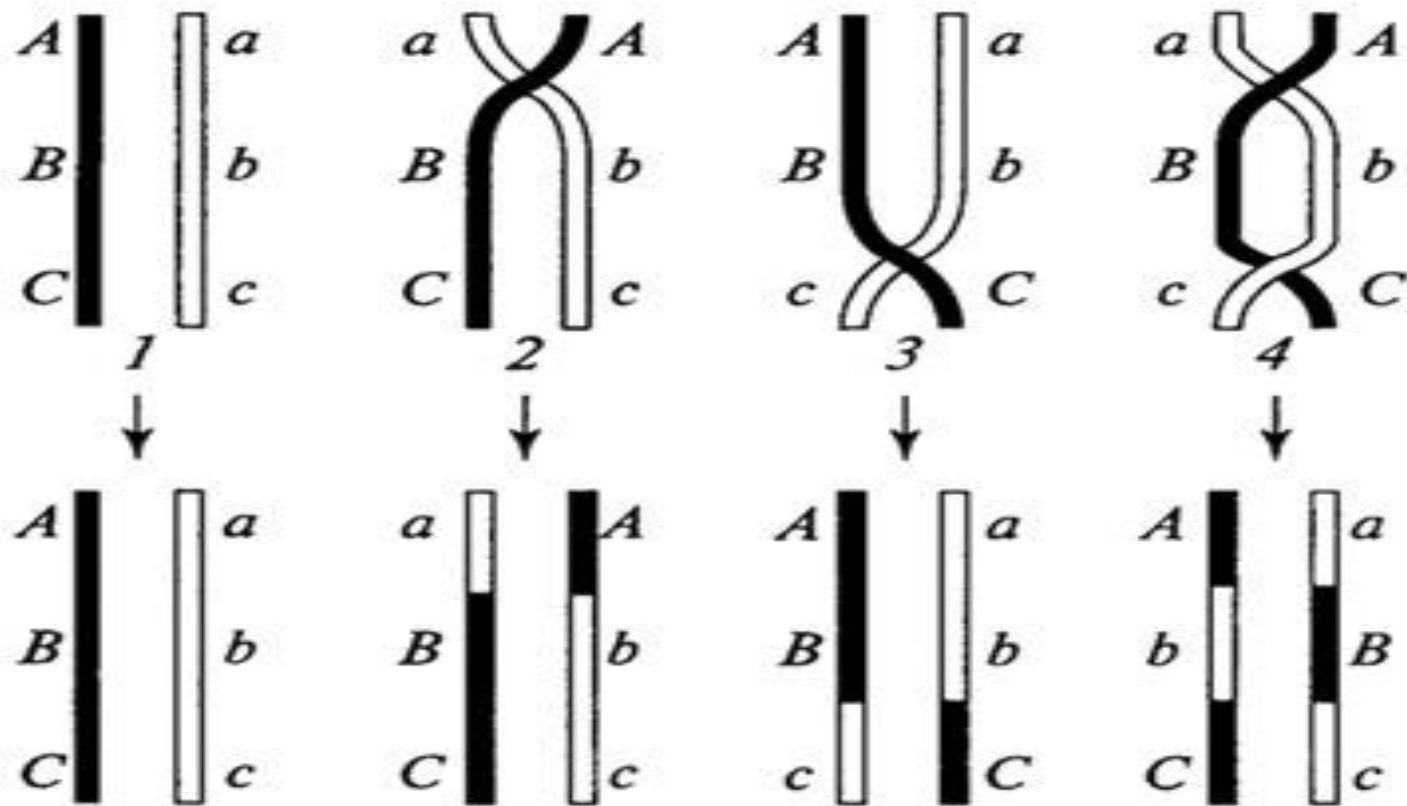
$$F_1 \qquad \qquad \frac{ABC}{abc}$$

$$\text{♀} \frac{ABC}{abc} \quad \times \quad \text{♂} \frac{abc}{abc}$$

$$G: \quad ABC, abc, aBC, Abc, ABc, \qquad abc$$

$$\qquad \qquad abC, AbC, aBC$$





Бастапқы және кроссинговер жүрмеген хроматидтер; 2 – А және В гендерінің арасындағы бір реттік кроссинговер және кроссоверлі хроматидтер; 3 – В және С гендерінің арасындағы бір реттік кроссинговер және кроссоверлі хроматидтер; 4 – қос реттік кроссинговер және кроссоверлі хроматидтер

Талдаушы будандастыруда тіркескен үш жұп гендері бар үшгетерозиготаның ұрпағындағы ажырау

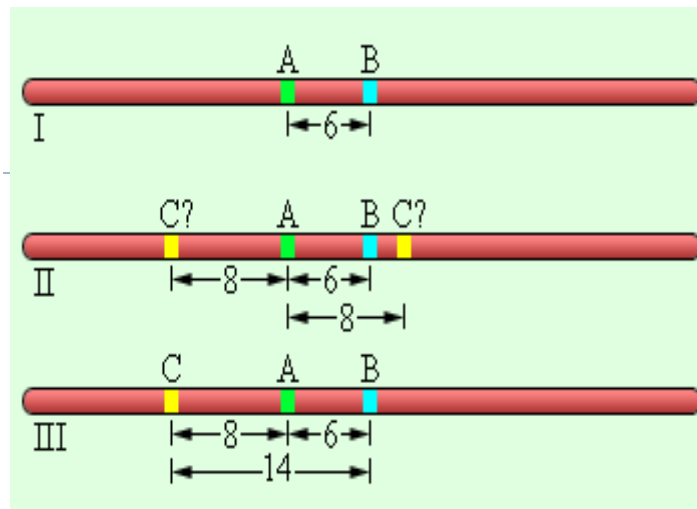
F₁-дің гаметалары	Зиготалар генотиптері	Дарабастар саны	Дарабастар мөлшері (%)
Кроссоверлі емес ABC abc	<u>ABC</u> abc <u>abc</u> abc	130 120	250 (57,6)
I-бөлімшедегі сыңар айқасу aBC Abc	<u>aBC</u> abc <u>Abc</u> abc	30 34	64 (14,74)
II-бөлімшедегі сыңар айқасу ABc aBc	<u>ABc</u> abc <u>aBc</u> abc	50 58	108 (24,89)
Қос айқасу AbC aBc	<u>AbC</u> abc <u>aBc</u> abc	7 5	12 (2,77)
Барлығы			434



- ▶ Осы сияқты маңызды тәжірбиелер хромосомалардың генетикалық картасын құрастыру немесе оларды карталау, яғни хромосомадағы белгілі гендердің дәл орналасу орнын анықтауға негіз болды. Алғаш рет хромосомадағы гендердің орналасу ретін А. Стертевант анықтады.
- ▶ 1913 жылы Стертевант дрозофиланың жыныс X-хромосомасының бірінші картасын құрастырды.

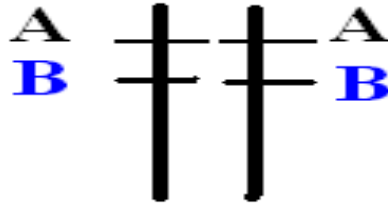


- ▶ •Гендердің рекомбинация жиілігі тіркескен гендердің хромосомада салыстырмалы орналасуын көрсетеді : гендер неғұрлым алыс орналасса, рекомбинация жиілігі жоғары болады.
- ▶ •Бұл генетикалық карта құруда қолданылады .
- ▶ •Екі геннің локустарының шартты «арақашықтығы» рекомбинация жиілігіне тура пропорционал және морганидпен өлшенеді.



А, В, С гендердің генетикалық картасын құру , рекомбинация жиілігі $A - B = 6 \%$, $B - C = 14 \%$, $A - C = 8 \%$.

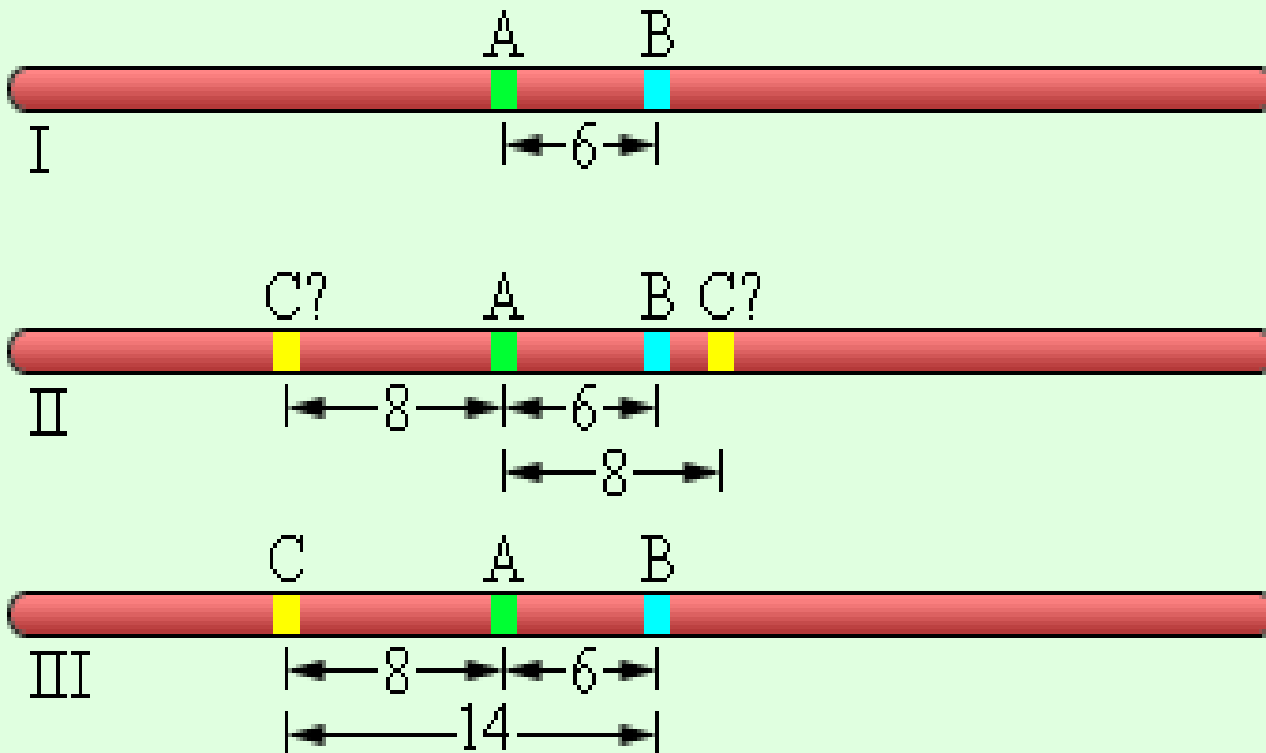
- ▶ Сонымен гендердің тіркес тұқым қуалауы олардың арақашықтығына байланысты болды.
- ▶ Толық тіркесу -- бір хромосомада гендер өте жақын орналасқанда толық тіркесіп тұқым қуалайды.



Толымсыз тіркесу – егер бір хромосомада орналасқан гендердің арақашықтығы 1 морганидтен 50 морганидке дейін болғанда, гендер толымсыз тіркесіп тұқым қуалайды.

- ▶ Тіркесудің бұзылуы кроссинговерге (гендердің рекомбинациясы) байланысты.





Гендердің арасы қашық болған сайын, соғұрлым рекомбинация жоғары болады.

Тіркесу толық немесе толымсыз болуы мүмкін.

Т.Морганның кұрметіне гендердің арақашықтығы **морганида** аталған.

Үшгетерозиготалы организмдерде жүргізілген талдаушы будандастырудан алынған ұрпақтарға генетикалық талдау жүргізіңіздер.

ABC – 255, ABc – 20, AbC – 128,
Abc – 124, aBC - 136, aBc – 140,
abC – 28, abc – 266.



Үшгетерозиготалы организмдермен талдаушы будандастыру жүргізуден алынған фенотиптік нәтижелер берілген.

$ABC - 150,$ $ABc - 70,$ $AbC - 8,$ $Abc - 37,$
 $aBC - 42,$ $aBc - 6,$ $abC - 65,$ $abc - 143.$

Осы мәліметтерді пайдалана отырып, бастапқы аталық аналық даралардың генотипін, гендердің орналасу реті мен арақашықтығын анықтаңыздар.



Интерференция деп - хромосоманың бір бөлігінде болған айқасу оған жақын жатқан бөліктің айқасуына келтіретін кедергіні айтады. Бұл құбылысты Г.Меллер 1916 жылы ашқан.

Интерференцияны тәжірибедегі алынатын қос айқасу санының теориялық күтілім санына ара қатынасымен өлшенеді. Бұл қатынас **коинциденция** деп аталады.



Гендердің тіркесіп тұқым қуалау және кроссинговер процестерін зерттеу 1910 жылы А.Стертевант, К.Бриджес және Т.Морган негізін қалаған **тұқымқуалаушылықтың хромосомалық теориясының** негізгі қағидаларының ашылуына себеп болды:



- **Гендер хромосомада орналасады.** Хромосомалардың әр жұбы гендердің тіркесу тобынан тұрады. Әрбір организм түрлеріндегі гендердің тіркесу тобы гомологты хромосомалар жұбына тең болып келеді.
- Хромосомадағы әрбір геннің белгілі орналасу нүктесі болады, оны локус деп атайды. **Гендер хромосомада бір сызық бойымен тізбектеле орналасады.**
- Гомологты хромосомалар арасында аллельді гендердің алмасуына алып келетін айқасу болуы мүмкін және **жаңа рекомбинатты белгілер пайда болады.**
- Кроссинговер жиілігі хромосомадағы гендер арасындағы арақашықтыққа тура пропорционал болып келеді. **Гендер қаншалықты алыс орналасса, соншалықты кроссинговер жиі жүреді.**
- Аллельді гендер арасындағы кроссинговер жиілігін зерттеу арқылы хромосомадағы гендердің орналасу ретін және олардың арақашықтығын анықтауға, сонымен қатар хромосоманың **генетикалық картасын құруға** болады.
- **Хромосоманың генетикалық картасы** – бір хромосома құрамындағы гендердің орналасуы және бір тіркесу тобына жататын гендердің сызбасы. Гендер локустарының арасындағы қашықтығы кроссинговердің 1% жиілігі шартты белгі – морганидамен есептеледі.



Генетикалық карта генетикалық құрылымы жақсы зерттелген организмдер (дрозофила, жүгері, қызанақ, нейроспора және т.б.) үшін құрылады. Генетикалық картада тіркесу тобының (хромосоманың) нөмері, центромераның орналасу жағдайы, гендер мен олардың атауы (толық немесе жартылай), сызық түрінде хромосоманың сызба-суреті, хромосомадағы гендердің ара қашықтығы көрсетіледі.

Тіркесу тобын анықтау және генетикалық карта құру гибридологиялық әдіс көмегімен және будандастырудан алынған нәтижелерді зерттеу арқылы жүзеге асырылады.



Drosophila melanogaster шыбынының I, II және III хромосомаларының (генетикалық картасын) және (цитологиялық картамен) салыстыру

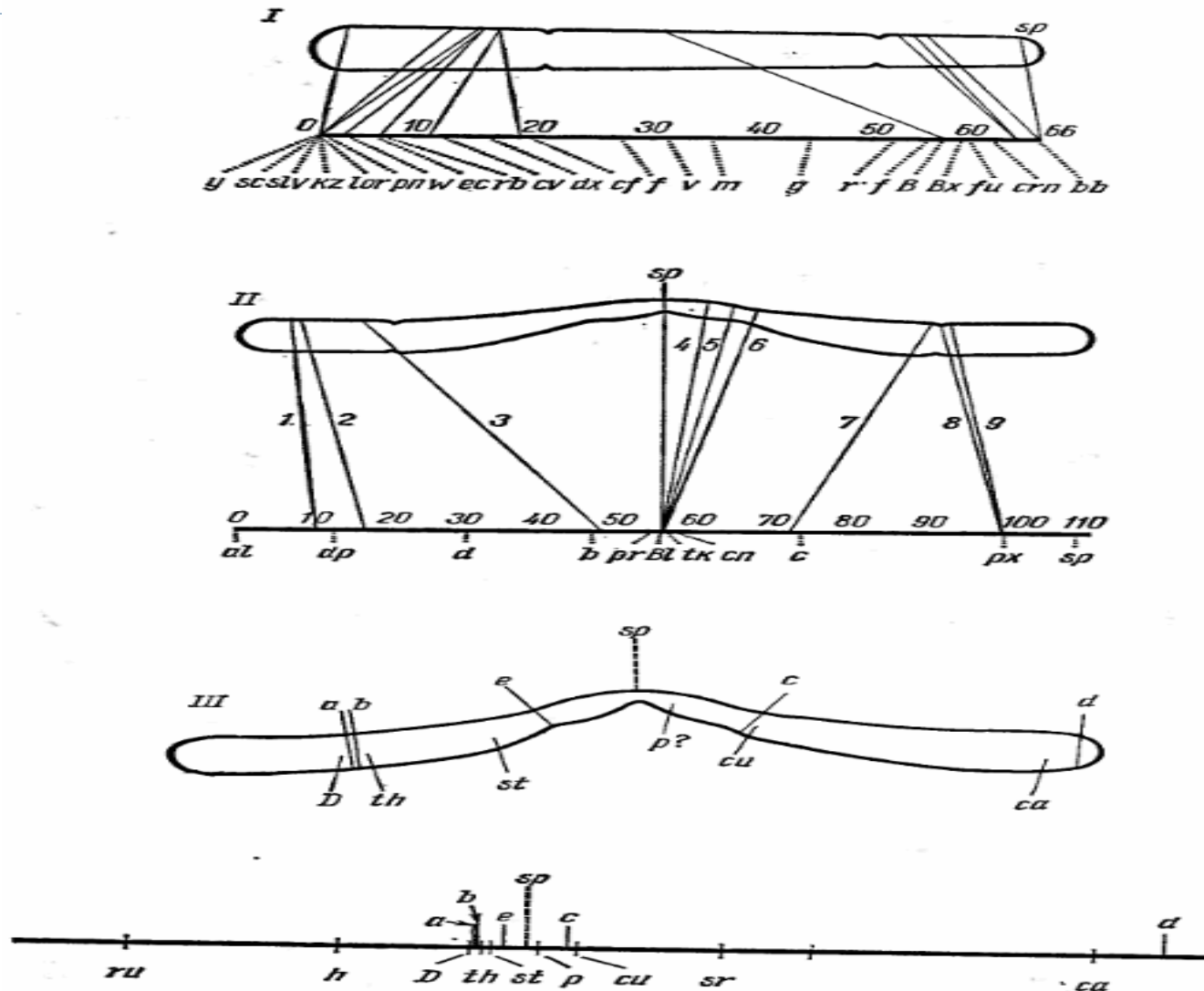


Рис. 52. Сравнение «генетических карт» I, II и III хромосом *Drosophila melanogaster* с «цитологическими картами» этих хромосом в метафазе (*sp* — место прикрепления нитей веретена).

Кроссинговер жиілігіне әсер ететін факторлар :

Температура – жоғары және төменгі температура жиілікті жоғарлатады.

Жынысы – дрозофиланың аталығында кроссинговер жүрмейді, сүтқоректілердің аналықтарының кроссинговер қарқындылығы төмендеу

Рентген сәулесі – жоғарлатады

Гендер арасындағы ара-қашықтық

Жас – төмендетеді

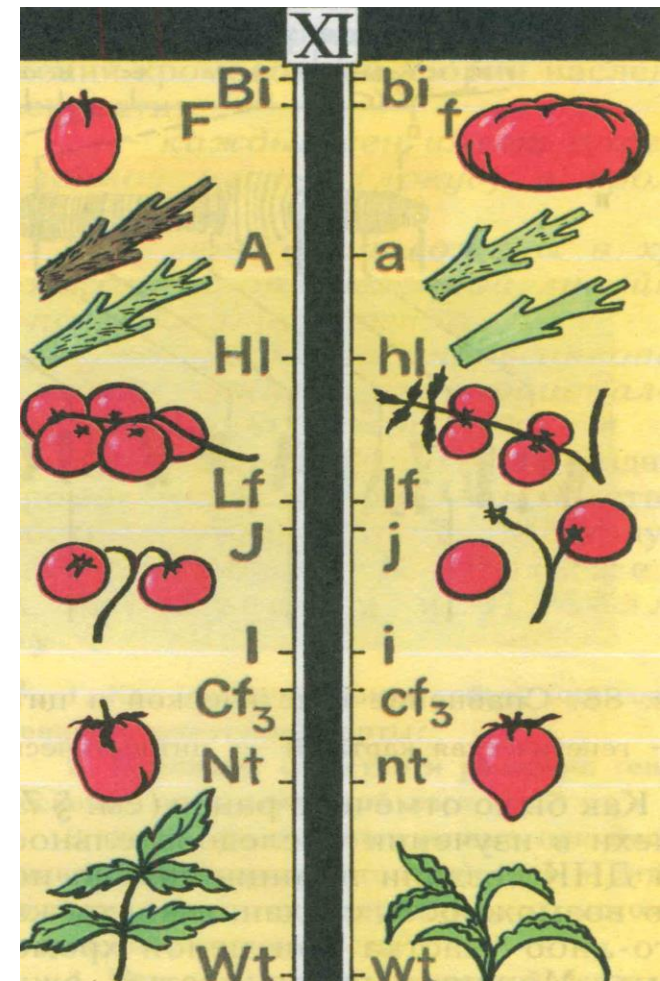
Тамақтың әсері– Са және Mg жоғарлатады немесе төмендетеді

Мутагендер – жоғарлатады немесе төмендетеді

Центромераның әсері – гены в области центромера аймағында орналасқан гендер кроссинговерге бейім болады



Адамның X - хромосомасының картасы



Қызанақ
хромосомасының
генетикалық картасы

Хромосоманың генетикалық картасы – бір тіркесу тобындағы гендердің өзара орналастырылу схемасы.

Морган заңы - белгілердің тіркесіп тұқым қуалау заңы деп аталады.

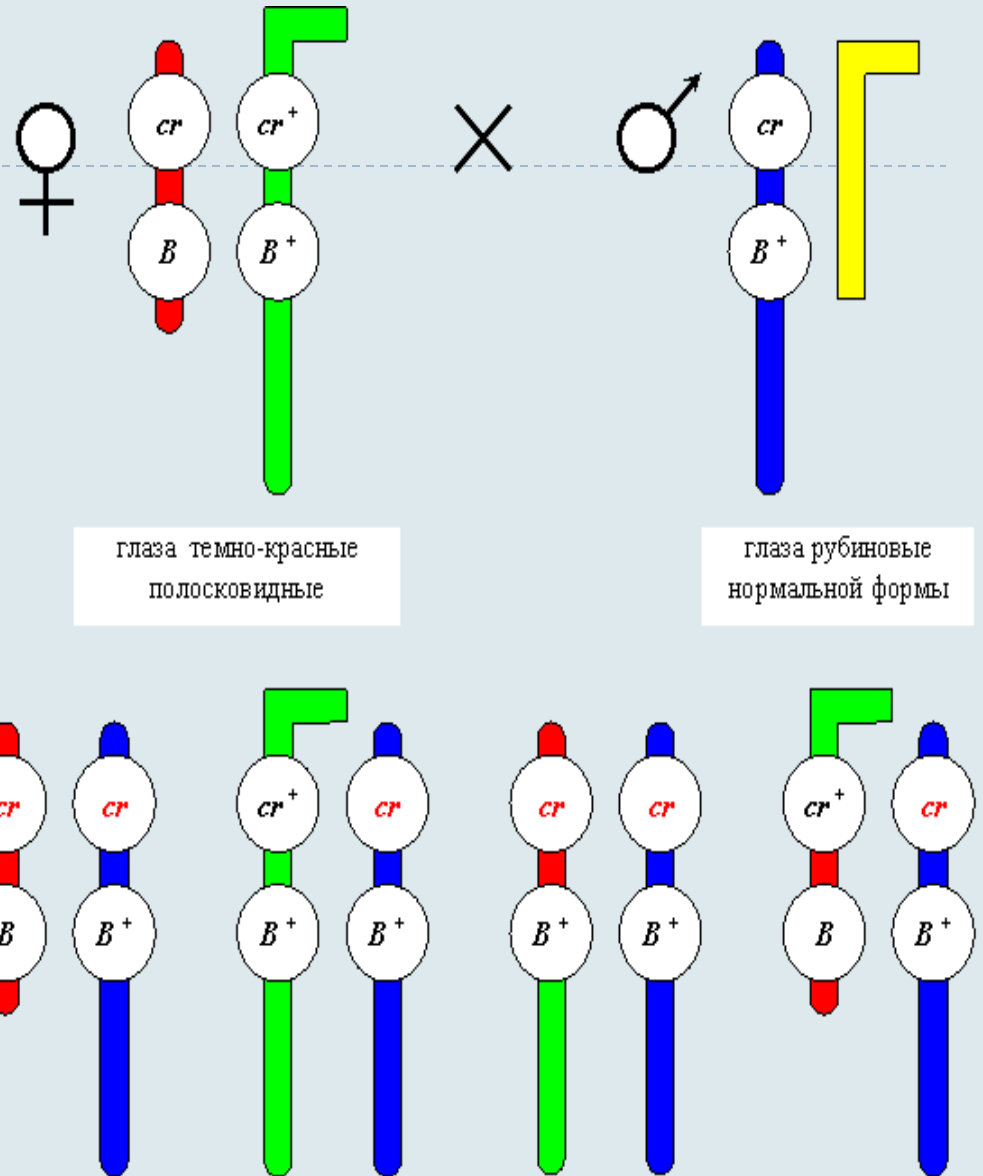
Бір хромосомадағы орналасқан гендер тіркесіп тұқым қуалайды және мұндай гендер арасында тәуелсіз ажырау жүрмейді.

Кроссинговер құбылысы алғашында генетикалық әдіспен дрозофила шыбынында анықталды. Оны 1930-жылдары К.Штерн дәлелдеді. Кейіннен жүгеріде және тетрадалық талдау жүргізу арқылы нейроспорада цитологиялық тұрғыда Г. Крейтон мен Б. Мак-Клинток зерттеп, дәлелдеді.



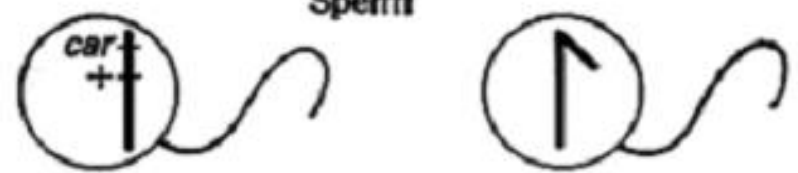
Штерн тәжірибесі

- К.Штерн морфологиялық жағынан айырмашылығы бар, толық гомологты емес Х-хромосомаларды алды. Оларда ұқсастық бар болғандықтан, олар мейоз кезінде жұптаса алады.



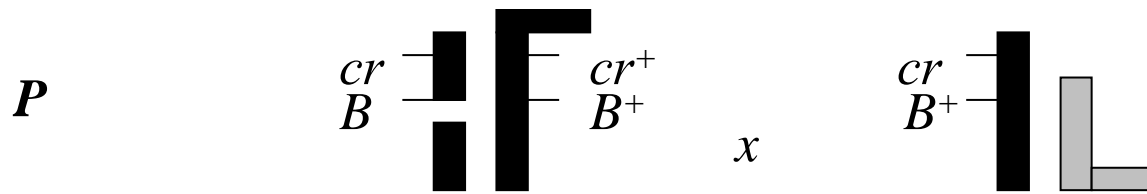


Sperm

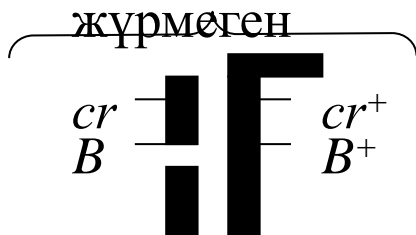


Eggs	noncrossovers		$\begin{array}{c} \text{car} \\ \\ \text{B} \\ \\ \text{car} \\ \\ + \end{array} \quad \text{carnation bar} \quad \text{♀}$	$\begin{array}{c} \text{car} \\ \\ \text{B} \\ \\ \text{car} \\ \\ \text{loop} \end{array} \quad \text{carnation bar} \quad \text{♂}$
			$\begin{array}{c} + \\ \\ \text{B} \\ \\ \text{car} \\ \\ + \end{array} \quad \text{wild type} \quad \text{♀}$	$\begin{array}{c} + \\ \\ \text{B} \\ \\ \text{car} \\ \\ \text{loop} \end{array} \quad \text{wild type} \quad \text{♂}$
	crossovers		$\begin{array}{c} \text{car} \\ \\ + \\ \\ \text{car} \\ \\ + \end{array} \quad \text{carnation} \quad \text{♀}$	$\begin{array}{c} \text{car} \\ \\ + \\ \\ \text{car} \\ \\ \text{loop} \end{array} \quad \text{carnation} \quad \text{♂}$
			$\begin{array}{c} + \\ \\ \text{B} \\ \\ \text{car} \\ \\ + \end{array} \quad \text{bar} \quad \text{♀}$	$\begin{array}{c} + \\ \\ \text{B} \\ \\ \text{car} \\ \\ \text{loop} \end{array} \quad \text{bar} \quad \text{♂}$

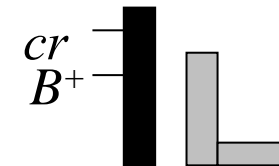
Кроссинговердің цитологиялық дәлелдері



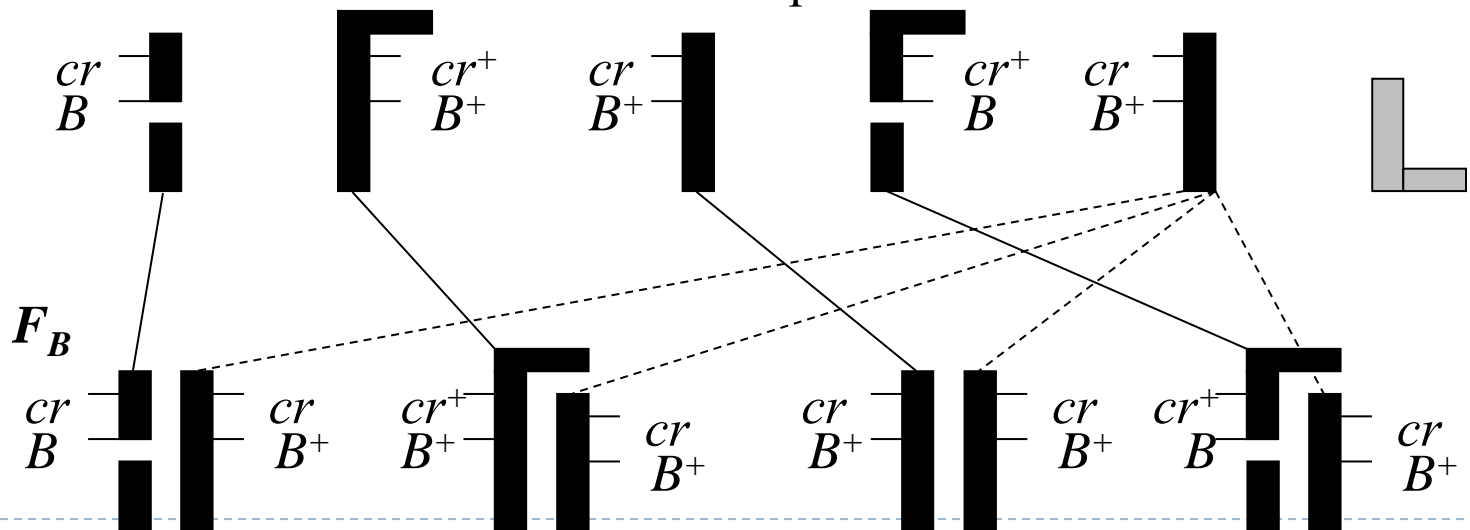
Кроссинговер



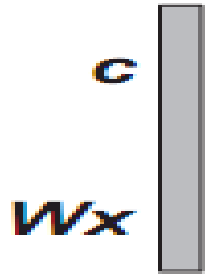
Кроссинговер



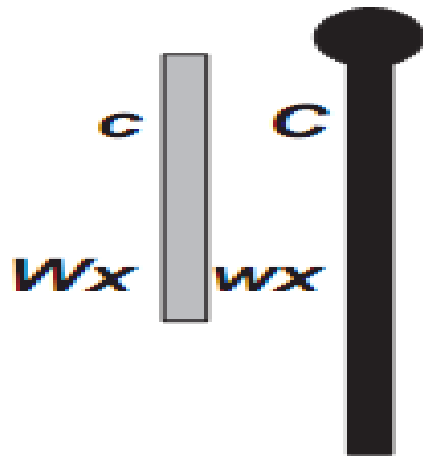
Гаметалар



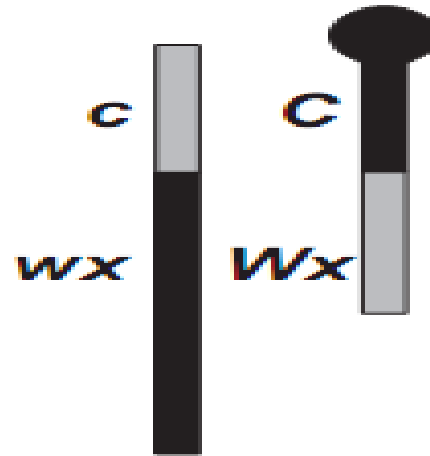
Хромосома дикого типа имеет **c** и **Wx**



Мутантная хромосома имеет "кноп" около **C**, транслокацию около **W**.



Родительские хромосомы



Кроссоверные хромосомы потомков

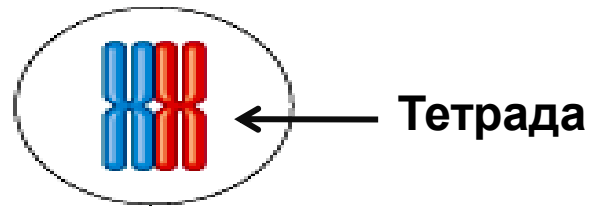


Мейоздық кроссинговер дегеніміз жыныс клеткаларының бөлінуі кезінде болатын айқасу яғни, кроссинговерді айтамыз.

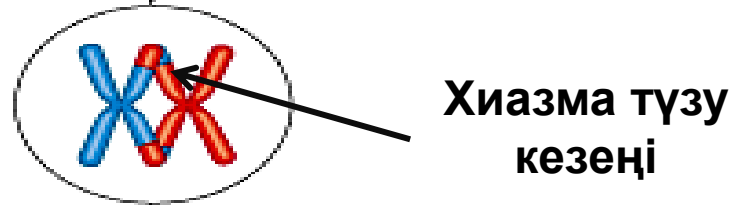
Сомалық (дене) клеткаларының бөлінуі кезінде пайда болатын кроссинговерді *соматикалық* немесе *митоздық кроссинговер* деп атайды.



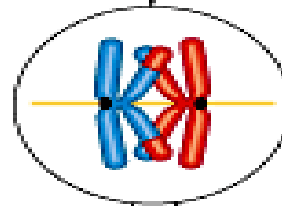
Мейоз I профаза сатысы



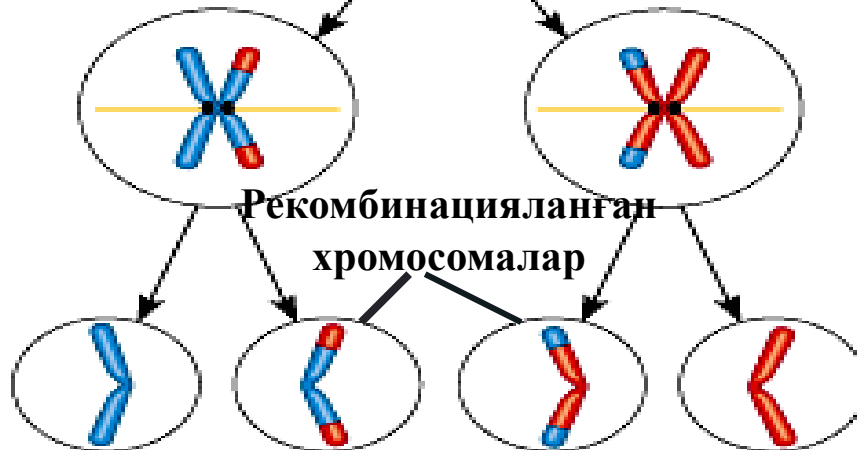
Метафаза I сатысы



Метафаза II сатысы



Гаметалар



Кроссинговердің жүру механизмі

- Кроссинговер мейоздың 1-сатысында жүреді. Осы сатыда хромосомалар центромерада қосылған хроматидтерге бөлінеді. Осылай гомологты хромосомалар арасында хиазмалар түзіліп, кроссинговер немесе рекомбинация пайда болады.



Кроссинговер - обмен частями между гомологичными хромосомами (отцовскими и материнскими) происходит в профазе I мейоза.

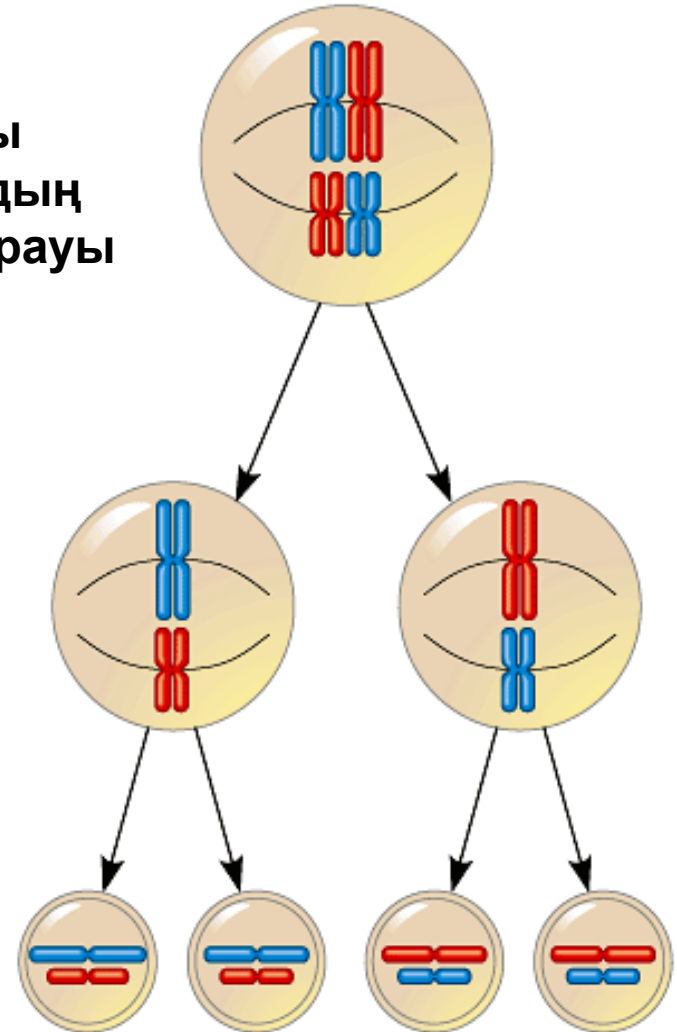
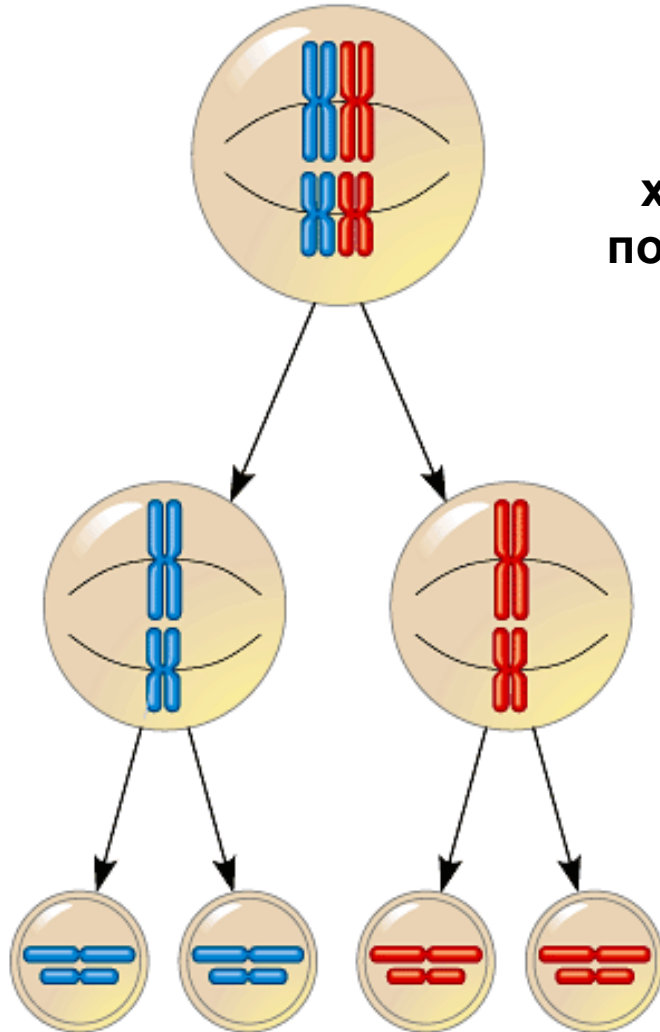
Бірінші жағдай

Екінші жағдай

Метафаза II
сатысындағы
хромосомалардың
полюстерге ажырауы

Метафаза II

Гаметалар



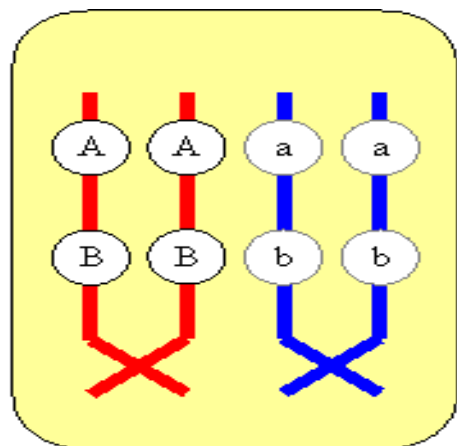
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

1 комбинация

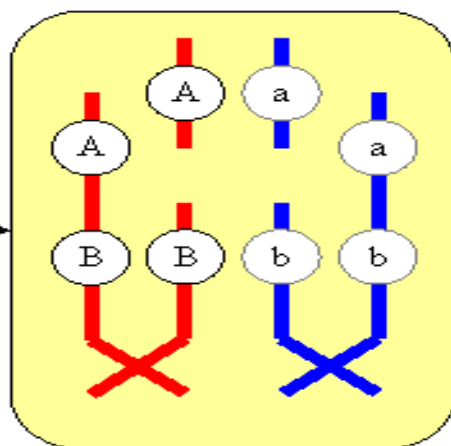
2 комбинация

3 комбинация

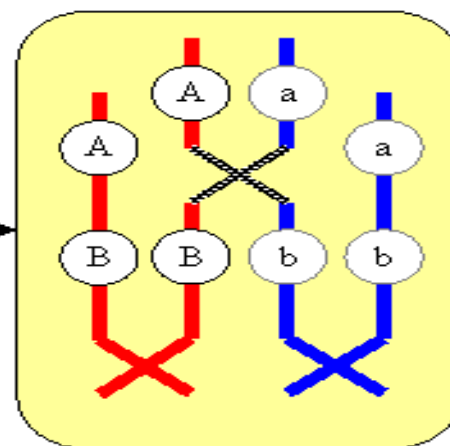
4 комбинация



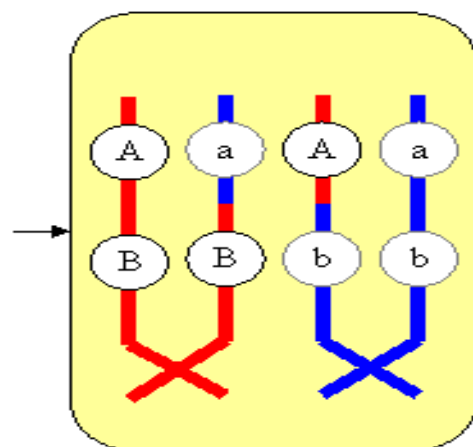
бивалент в профазе мейоза I



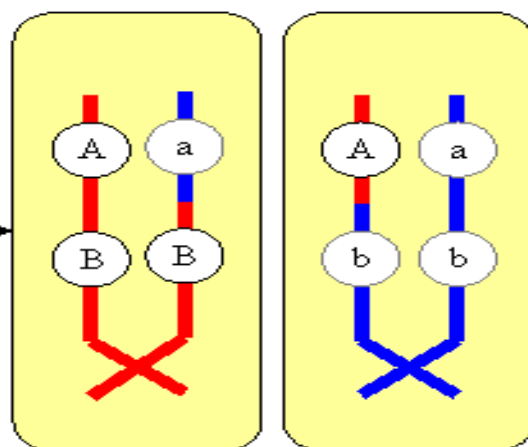
разрыв хроматид



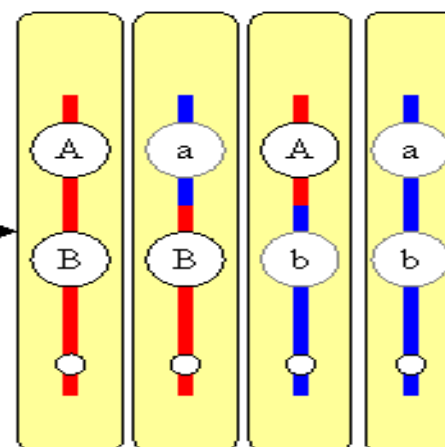
воссоединение хроматид крест-накрест



образование кроссоверных хроматид



расхождение хромосом в первом делении мейоза



расхождение хромосом во втором делении мейоза

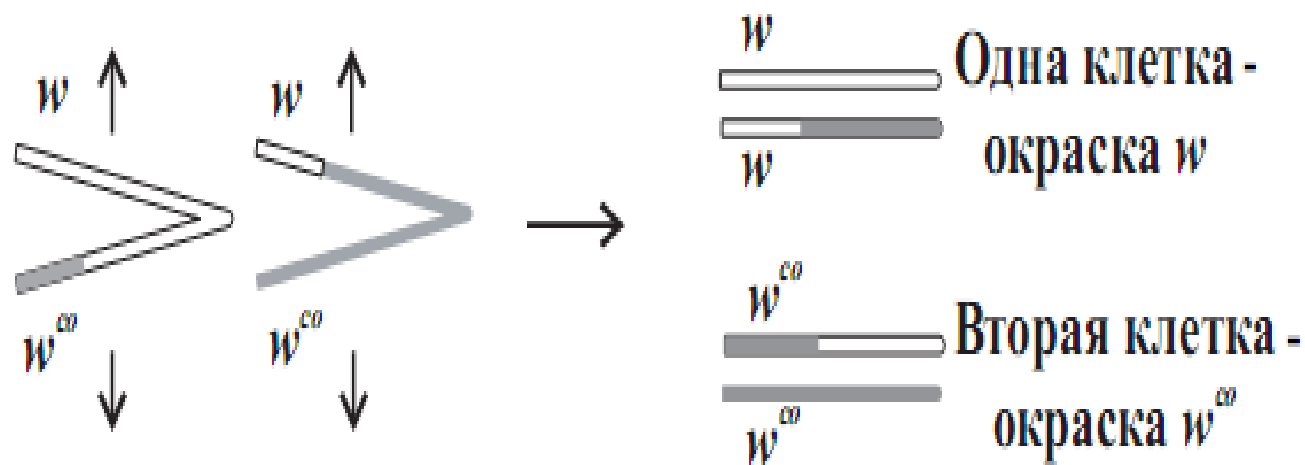
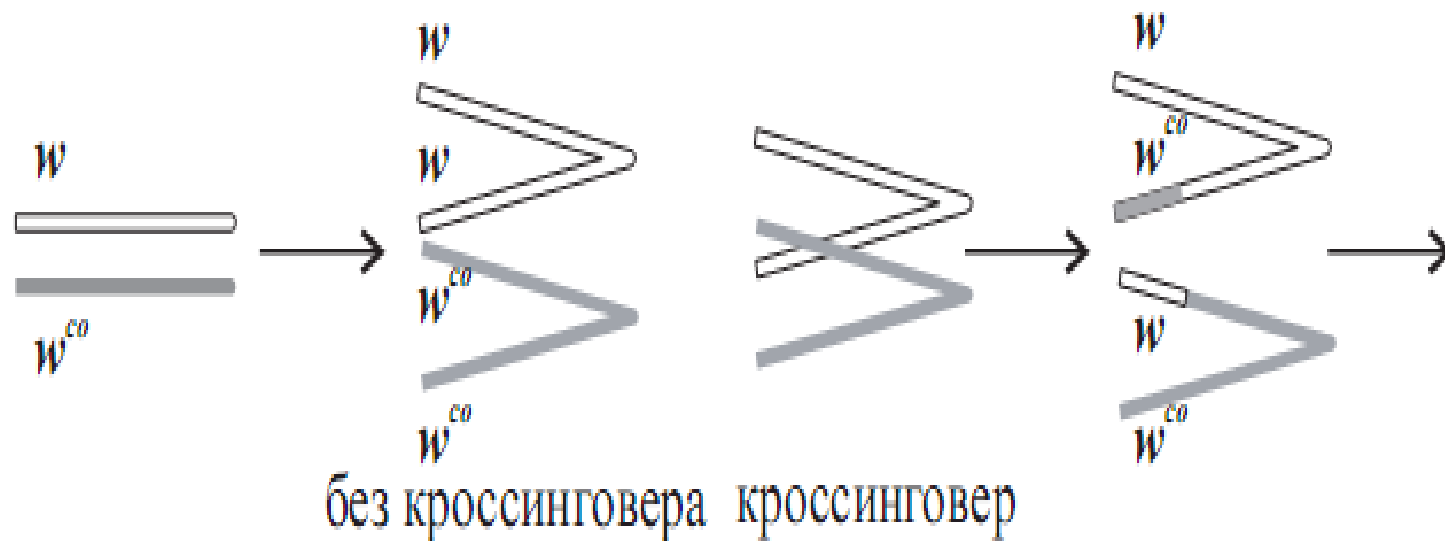


Рис. 3.6. Схема митотического кроссинговера

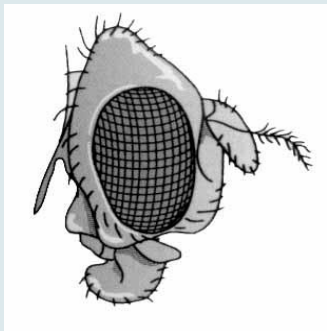


Тең емес кроссинговер

- ▶ Кейбір жағдайларда, мысалы, хромосоманың белгілі бір бөлігі 2 еселенгенде және олар қатар орналасқанда айқасу бір нүктеде болмай шығады.

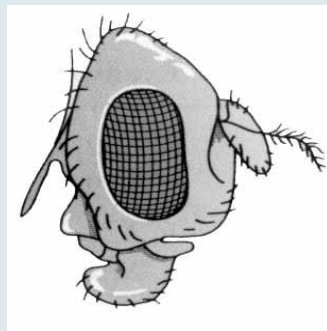
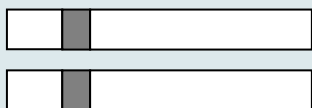


Хромосомалар айқасқанда екі гомологты хромосоманың бөлім алмастыратын жері бір нүктеде болады. Кейде, өте сирек жағдайда, хромосоманың белгілі бір бөлігі екі еселенгенде және олар қатар орналасқанда (тандемдік дупликациялар) айқасу бір нүктеде болмай шығады. Соның нәтижесінде хромосомалардың алмасатын бөлімдері және олардағы гендердің саны бір-біріне тең болмайды. Мұндай құбылысты *тең емес кроссинговер* дейді.



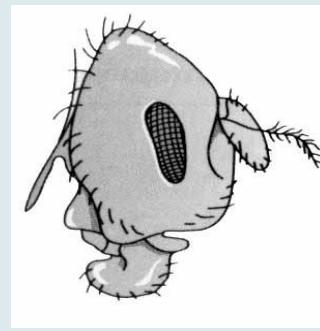
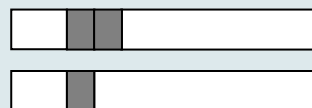
Жабайы тип
(800 фасетка)

V^+/V^+



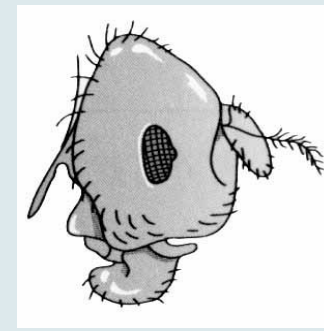
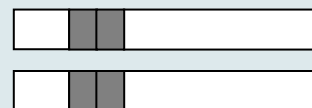
Гетерозиготалық *Var*
(350 фасетка)

V/V^+



Гомозиготалық *Var*
(70 фасетка)

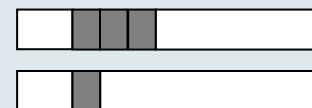
V/V



Гетерозиготалық қос *Var*
(45 фасетка)

VV/V

+

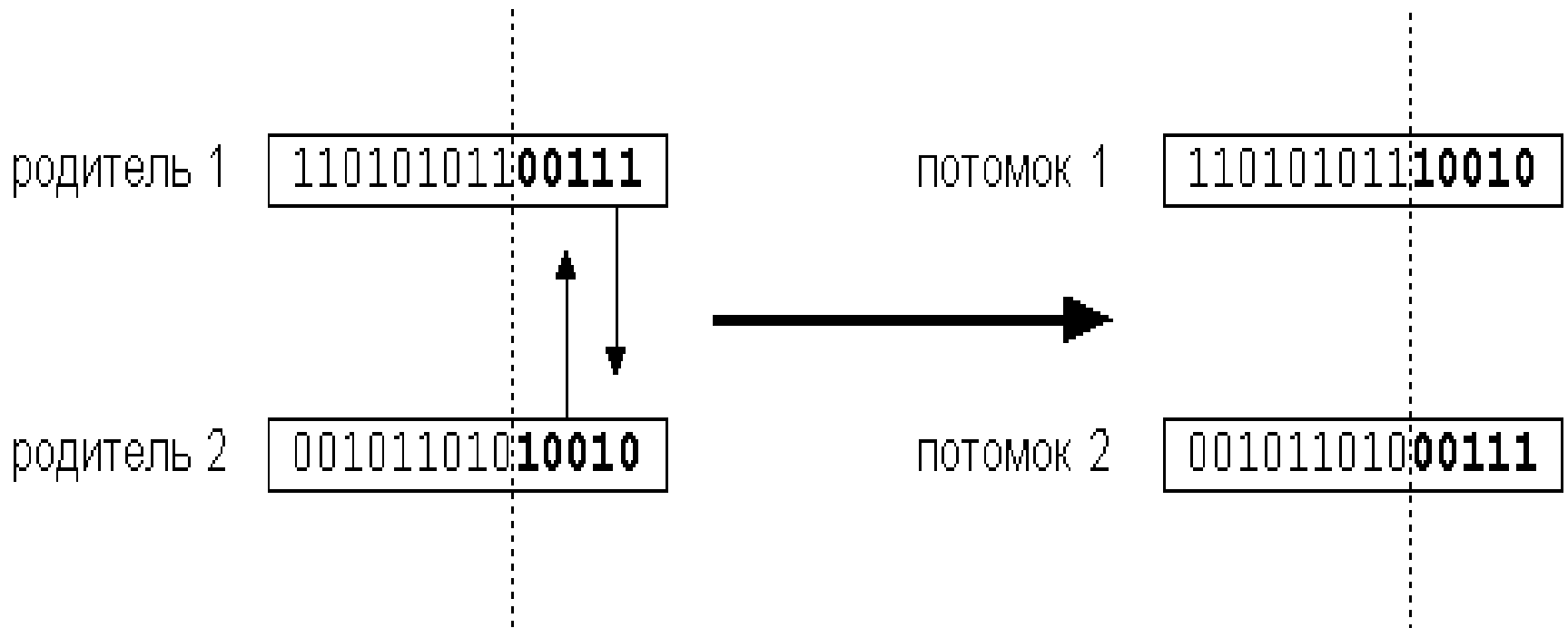


Альфред Стертевант предположил в 1925 году, что фенотипическое проявление гена В связано не с изменением самого гена, а с изменением его количества или дозы путем неравного кроссинговера. В результате скрещивания



Тең емес кроссинговер

- ▶ Нәтижесінде хромосомалардың алмасатын бөлімдері және олардың гендері бір-біріне тең болмайды



Талқылауға арналаған сұрақтар

- Интерференция және коинциденция терминдері нені білдіреді?
- Көптік кроссинговер дегеніміз не?
- Митоздық және тең емес кроссинговер дегеніміз не?
- Кроссинговердің биологиялық маңызы қандай?

