

Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары білім министрлігі
М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті

Утаубаева А.У.

ГЕНЕТИКА

(практикум)

Орал, 2023

ӘОЖ 575
КБЖ 28.04
У-82

Абай атындағы ҚазҰПУ жанындағы «Педагогикалық ғылымдар» білім беру саласындағы Оқу-әдістемелік бірлестігінің (Жобаларды басқару топтары) 14.03.2024 кезектен тыс мәжілісінің № 2 хаттамасынан

Сын - пікір берушілер:

Дарбаева Т.Е. - биология ғылымдарының докторы, М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университетінің профессоры

Бисенбаев А.Қ. - биология ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА академигі, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университетінің профессоры, ҚҰУ «Биология және биотехнология мәселелері» ғылыми-зерттеу институтының директоры

Базарғалиева А.А. - биология ғылымдарының кандидаты, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің доценті

Панина О.А. – ағылшын тіліне аударған аудармашы, Білім берудегі басқару магистрі, Scandic International School модератор-мұғалімі, Орал қаласы

Утаубаева А.У.

У-82 Генетика Genetics Генетика: практикум / А.У. Утаубаева– М.Өтемісов атындағы БҚУ РБО, 2024. – 191 б.

ISBN 978-601-266-64-72

Ұсынылып отырған практикумда қазақ, орыс және ағылшын тілдерінде жалпы генетиканың негізгі бөлімдерін қамтитын есептер, оларды шығару жолдарының әдістемелік принциптері мен жауаптары берілген.

Аталмыш практикум «Биология» білім беру бағдарламасы бойынша білім алушы педагогикалық жоғары оқу орындарының биология факультеттерінің студенттеріне арналған, сонымен қатар қазіргі генетика негіздеріне қызығушылық танытатын оқырмандардың кең ауқымына да пайдалы болуы мүмкін.



© Утаубаева А.У., 2023.

© М.Өтемісов атындағы БҚУ РБО, 2023.

АЛҒЫ СӨЗ

Қазақстан Республикасының «Білім туралы» заңында және оқу-тәрбие саласына оаиланысты басқа да құжаттарда жоғары оқу орындары жан-жақты, білімді, ой-өрісі кең, мәдениеті жоғары, жаңаша ойлауға қабілеті бар мамандарды даярлауы қажеттігі көрсетілген.

Генетика – жаңа, нақты ғылымдардың бірі. Оның негізгі міндеті тірі табиғаттың екі негізгі қасиеттерін - тұқым қуалаушылық пен өзгергіштікті зерттеу. Генетиканың білім берудегі әдіснамалық рөлі оны оқытуға қойылатын ерекше талаптарды алдын-ала анықтайды, онда қамтудың кеңдігі, ғылыми тереңдігі және баяндалуының қол жетімділігі біріктірілуі керек.

Кез-келген теориялық курстарды игеру практикалық сабақтар арқылы жүзеге асатыны сөзсіз. Мұндай сабақтар фактілі ақпараттарды пайымдап түсінуге, есте сақтауға мүмкіндік беріп, шығармашылық ойлауды дамытады. Генетика саласында жасалған мұндай практикумдар тұқым қуалаушылықтың материалдық негіздерін білу, тұқым қуалау мен өзгергіштікті зерттеуде гибридологиялық әдісті қолдану тәрізді негізгі міндеттерді игеруге мүмкіндік береді.

Білім алушылар өз тәжірибелерінде (яғни, есептер шығару арқылы) генетика қандай да болмасын құбылысты алдын-ала болжап, оның сандық заңдылықтарын дәл есептеуге мүмкіндік беретін қатаң заңдарға негізделетініне көз жеткізулері қажет. Олар генетика заңдылықтарын игеруі үшін өз бетінше әр түрлі типтегі есептерді шығарып үйренуге міндетті. Мұның сондай-ақ білім алушылардың ойлағыштығын, дербес ізденуін, іскерлігі мен ептілігін қалыптастыруда да маңызы өте зор. Генетиканың есептері теорияның ең негізгі түйінін түсініп, оның мәнін терең ұғуға, білімді практикада нәтижелі қолдану мен шығармашылық тұрғыдан пайдалануға көмектеседі.

Ұсынылып отырған практикум осы мақсаттарды қамтып, шешуге бағытталған.

Аталмыш практикумға «Генетика» курсының негізгі тарауларын қамтитын есептер, олардың шешу әдістері мен жауаптары берілген. Бұл практикум күрделі генетикалық үдерістерді модельдеу әдісі ретінде есептерді шешуді кеңінен қолданады. Ол үшін ең маңызды тақырыптар алынып, таңдалған тапсырмалар (есептер) оларды шешу әдістерін пысықтау үшін қолданылады.

Ұсынылып отырған практикум «Биология» білім беру бағдарламасы бойынша білім алушы педагогикалық жоғары оқу орындарының биология факультеттерінің студенттеріне арналған, сонымен қатар қазіргі генетика негіздеріне қызығушылық танытатын оқырмандардың кең ауқымына пайдалы болуы мүмкін.

I. МОНОГИБРИДТІ БУДАНДАСТЫРУ

Бір-бірінен бір жұп қарама-қарсы (альтернативті) белгілері бойынша ажыратылатын ағзаларды будандастыруды – *моногибридті будандастыру* деп атайды (Сурет-1). Моногибридті будандастыру – будандастырудың ең қарапайым түрі. Моногибридті будандастыруда гендердің бір ғана аллельді жұбына талдау жасалады. Моногибридті будандастырудың есептерін шешу барысында белгінің дамуын анықтайтын әр жұптан тек қана бір ген әр гаметаға түсетіні туралы «гаметалар тазалығы» ережесін білу қажет.

Генетикалық есептерді шешуді жеңілдету үшін, гендерді белгілеуде латын алфавитінің бастапқы әріптерін қарапайым таңба ретінде қолдануға болады. Бұл тақырыптан алынған кезде, реципрокты, талдаушы және қайыра будандастыру түрлеріне есептер шығарылады. Есептер шығару кезінде Г. Мендельдің бірінші және екінші заңдарын дәлелдеуге, гендердің әсер етуін, ата-ана мен ұрпақтың генотипін анықтауға, фенотиптік және генотиптік сынып сандарын, т.с.с. есептеуге мүмкіндік беріледі, білім алушылар бойында іскерлік пен дағды қалыптастырылады.

Генетикалық есептерді жазуда бірқатар таңбалар қолданылады:

P (parents) – ата-ана

F (filia, filius) – ұрпақ,

F_{1,2,3} – таңба жанына қойылатын индекс ұрпақтың реттік санын көрсетеді, F₁- бірінші ұрпақ, F₂ – екінші ұрпақ, т.с.с.

x - будандастыру белгісі

♀ - аналық дараның жыныстық белгісі

♂ - аталық дараның жыныстық белгісі

G - гаметалар

A – доминантты ген, **a** - рецессивті ген

Генетикалық есептерді өрнектеу барысында, бірқатар ережелерді білу қажет болады. Есепте ең бірінші берілгені, шешуі және жауабы жазылады; берілгеніне гендердің әсер етуі (қандай белгі – басым, қайсысы – басылыңқы) және ата-анасы мен ұрпақ туралы осы тәртіппен жазу қажет. Егер гендердің әсер етуі берілмесе, онда есеп ата-анасы мен ұрпақты жазудан басталады да, сұрағына гендердің әсер етуін табу керектігі жазылады. Ең алдымен есептің берілгенін сауатты жазу қажет. Есепті шешу барысында гендердің әсер етуін табу үшін, олардың ұрпағына қарап, Г. Мендельдің бірінші немесе екінші заңдарына сүйеніп анықталынады.

Ал ата-анасының генотиптерін анықтауға ұрпақтың рецессивті (басылыңқы), доминантты (басым) белгілері мен сандары көмектеседі. Егер ұрпақта *рецессивті белгі* көрінсе, онда *рецессивті ген* ата-ананың екеуінде де болғаны, ал егер ұрпақта *рецессивті белгі* болмаса, онда *рецессивті ген* ата-ананың біреуінде болмайды. Егер ұрпақтың саны екеу болса, онда ата-анасының біреуінің генотипі – гетерозиготалы, екіншісі – гомозиготалы болғаны, ал егер 4 ұрпақ шықса, онда ата-анасының екеуінің де генотиптері гетерозиготалы болғаны, т.б.



Сурет 1. Моногибридті будандастырудың сызба-нұсқасы

Рецессивті белгінің тұқым қуалау сипатын зерттеу, осы белгінің F_2 -дегі ажырауы бойынша алынған нәтижелердің сенімділігін анықтау мақсатында эксперименттік жұмыстарды жүргізу кезінде мысал ретінде 1-кесте қолданылады.

Кесте 1. Дрозофила денесіндегі түстің тұқымқуалаушылығының сандық талдау қорытындысы (моногибридті будандастыру)

	Шыбын саны		
	сұр	қара	барлығы
Аналық желі..... Аталық желі..... F_1 F_2	0 барлығы барлығы	барлығы 0 0	
Нақты ажырау -студенттен қабылданған деректер (р)..... Күтілетін қатынас..... Күтілетін теориялық ажырау(қ).....	78 3 72	18 1 24	96 4 96
Ауытқу (d)..... d^2 $x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,50 + 1,50 = 2,00;$ $n' = 1; P > 0,05$	+6 36	-6 36	
F_2 Нақты ажырау – топтағы барлық студенттерден алынған жалпы деректер (р)..... Күтілетін қатынас..... Күтілетін теориялық ажырау(қ).....	1199 3 1188	385 1 396	1584 4 1584
Ауытқу (d)..... d^2 $x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,10 + 0,31 = 0,41;$ $n' = 1; P \gg 0,05$	+11 121	-11 121	
F_b Студентпен алынғын деректер..... Нақты бөліну – топтағы барлық студенттерден алынған жалпы ақпараттар (р)..... Күтілетін қатынас..... Күтілетін теориялық ажырау(қ).....	66 504 1 495	58 486 1 495	124 990 2 990
Ауытқу (d)..... d^2 $x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,16 + 0,16 = 0,32;$ $n' = 1; P \gg 0,05$	+9 81	-9 81	

Алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу. F_2 және F_b тәжірибелерінде алынған сұр және қара шыбындардың қатынасы теориялық тұрғыдан күтілетін 3:1 немесе 1:1-ден ерекшеленеді. Мәселенің шешілуі, яғни бұл айырмашылық немесе ажыраудың теориялық тұрғыдан күтілгенге сәйкес келмеуі кездейсоқ па, бұл тек статистикалық әдістерді қолдану арқылы мүмкін болады. χ^2 әдісі өте қарапайым және ыңғайлы (хи-квадрат). Бұл әдісті қолдану χ^2 шамасын есептеуге және оны бағалауға дейін азаяды. Есептеу формула 1 бойынша жүзеге асырылады:

$$\chi^2 = \sum \frac{d^2}{q} \quad (1)$$

Мұндағы \sum -қосынды белгісі, q -белгілі бір белгі тән жеке даралардың теориялық күтілетін саны; d - әрбір класс үшін теориялық күтілгеннен нақты (фактілі) алынған деректердің ауыпқы (р- q). Есептеу процесінде алдымен эксперименттік сандық мәліметтер негізінде ажырау кластары бойынша кесте жасалады (р). Содан кейін іріктеудің көлемін құрайтын барлық сыныптардың жиіліктерінің қосындысынан әр класс үшін теориялық күтілетін шамалар (q) болжамды ажырау формуласына сәйкес есептеледі (3: 1, 1:1 және т.б.). Әрі қарай, алынған мәліметтердің әр сынып үшін теориялық күтілгеннен ауыпқы (d) анықталады. Әрбір d ауыпқыын квадраттайды (d^2), оны осы сынып үшін күтілетін теориялық санға бөледі (q): $\frac{d^2}{q}$ Содан кейін барлық жекеленген көрсеткіштерді қосып, берілген формулаға сәйкес χ^2 шамасын алады. χ^2 шамасын бағалау Фишер кестесі бойынша шығарылады (кесте 2).

Кесте 2. χ^2 шамасының әртүрлі еркіндік деңгейі бойынша кестесі (қысқартылған, Фишер бойынша)

Еркіндік деңгейінің саны (n')	Ықтималдылық P	
	0,05	0,01
1	3,841	6,635
2	5,991	9,210
3	7,815	11,341

Кестеде көрсетілген ықтималдықтар (P) 0,05 және 0,01. Олар нені білдіреді? χ^2 формуласын қарастырған кезде тәжірибелік және теориялық деректер бір-біріне толық сәйкес келсе, ондай жағдайда χ^2 нөлге тең екендігін көруге болады. Егер χ^2 нөлге тең болмаса, онда, әрдайым осы әдісті қолданған кезде, салыстырылатын шамалардың айырмашылықтары кездейсоқ болады (бұл гипотеза нөлдік деп аталады). Кестеде көрсетілген ықтималдық - бұл нөлдік гипотезаның ықтималдығынан басқа ештеңе емес. 0,05 ықтималдығы, егер салыстырылатын мәндер кездейсоқ ерекшеленсе, онда кестеде көрсетілген χ^2 мәні 100-дің тек 5 үлгісінде көрінуі мүмкін. Статистикада қабылданғандай, 0,05 және одан аз ықтималдығы бар жағдайлар іс жүзінде кездеспейді. Сондықтан, кестеде көрсетілген 0,05 бағанындағы χ^2 мәні салыстырылатын шамалар арасындағы айырмашылықтарды кездейсоқ деп есептеуге болмайтынын, яғни нөлдік гипотезаны қабылдамау керектігін көрсетеді.

0,01 ықтималдығы одан да сирек, егер айырмашылықтар кездейсоқ болса онда кестеде көрсетілген χ^2 мәнінің көрінуі тек 100-дің бірінде ғана мүмкін екендігін айтады. χ^2 мәні кестеде көрсетілгеннен тең немесе үлкен болса, онда нөлдік гипотеза қабылданбайды, яғни салыстырылған шамалардың айырмашылықтары кездейсоқ емес, заңдылық деп саналады. Басқа жағдайларда (χ^2 мәні кестедегіден аз) нөлдік гипотезаны қабылдайды, яғни айырмашылықтарды кездейсоқ деп санайды. Сонымен, кестедегі тармақты анықтайтын еркіндік саны нені білдіреді? Еркіндік дәрежелерінің саны – бұл тәуелсіз есептелген теориялық күтілетін шамалардың саны. Қарастырылып отырған мысалда екі теориялық күтілетін шамалар есептелген (сұр және қара шыбындардың саны).

Алайда, егер сіз сұр шыбындардың санын есептесеңіз, онда қара шыбындардың санын автоматты түрде анықтауға болады, бұл сұр шыбындардың қосындысы мен санына байланысты. Демек, мұндағы тәуелсіз есептелген шамалардың саны бірге тең. Бұл – еркіндік дәрежесі. Жалпы алғанда, ажырауды талдаудағы еркіндік дәрежелерінің саны әрқашан жеке даралардың әртүрлі сыныптарының санынан 1-ді (минус 1) алғанға тең. Егер іріктеу көлемі 50-ден асса және кластардағы теориялық тұрғыдан күтілетін жиіліктер 5-тен кем болмаса, χ^2 критерийі сенімді нәтиже береді.

Күтілетін 3:1 қатынасына сүйене отырып, топтың барлық студенттерінің алған жиынтық деректері және өз деректеріңіз (өз бетінше) бойынша F_2 -дегі ажырау нәтижелерін статистикалық тұрғыдан өңдеңіз. Алынған ажыраудың теориялық күтілетін шамаға сәйкес келетіндігін дәлелденіз. Қарастырылып отырған мысалда 1 еркіндік дәрежесі және $\chi^2 = 2,00$ мен 0,41, бұлар мәндердің бірінші тармағындағы көрсетілген $\chi^2 = 3,841$ және 6,635 көрсеткіштерінен аз. Бұл, тәжірибеде алынған және теориялық күтілетін шамалар арасындағы айырмашылықтардың кездейсоқ екенін білдіреді. Талданған шыбындардың сандары неғұрлым көп болған сайын, күтілетін ажыраудың 3:1 шамасына сәйкес келетініне көз жеткізіңіз. Топтың барлық студенттері

алған жиынтық деректер ($P \geq 0,05$), бір студенттің деректеріне ($P > 0,05$) қарағанда, күтілетін қатынасқа ұтымды сәйкестік көрсетеді.

Сол сияқты, топтың барлық студенттері алған жиынтық мәліметтер бойынша F_2 -дағы ажырауға статистикалық өңдеуді жүргізіңіз. Оның күтілетін 1: 1 қатынасына сәйкес келетінін дәлелдеңіз.

Есептер

1.* Андалуз тауықтарында қауырсынның қара «R» және ақ «r» түсті факторлары гетерозиготалы күйде «Rr» көгілдір түсті береді. Егер көгілдір түсті андалуз тауығын қара, көгілдір және ақ қауырсынды аталық особьтармен будандастырса қандай ұрпақтар шыққан болар еді?

2. Қызан өсімдігінің қызыл түсін шығаратын ген, сары түсіне қарағанда басым (доминантты). Гетерозиготалы қызыл және сары қызан өсімдіктерін будандастырғанда қандай ұрпақ алынады?

3. Сұлының сабағының қалыптылығы доминантты, ал қалыптан тыс ұзындығы – рецессивті белгі. Ұрпақта тек қана қалыпты биіктігі бар особьтар алу үшін, қандай өсімдіктерді будандастыру қажет?

4.* Жеміс шыбыны дрозифилдің денесінің сұр түсі қара түсіне қарағанда басым.

а) Сұр шыбын мен қара шыбынды будандастырған кезде ұрпағында 90 сұр және 88 қара шыбын шыққан. Ата-ана генотиптерін анықта.

б) Екі сұр шыбындарды будандастырғанда ұрпағында 1281 сұр және 356 қара особьтар өмірге келген. Бұл жағдайдағы ата-ана генотиптерінің қандай болғандағысы?

5. Дрозифил шыбынының екі қалыпты қанатты ата-ана формаларын будандастырғанда шыққан 2967 особьтарының ішінде 2225-нің ғана қанаттары қалыпты, қалғандары шала қанатты болып шықты. Гендердің әсер етуі мен ата-ана формаларының генотиптерін анықта.

6. Иттердің терісінің қлшығының қара түсі қоңыр түсіне қарағанда басым. Қара түсті аналық қоңыр түсті аталықпен бірнеше рет будандастырылған кезде, ұрпағында 10 қара және 12 қоңыр күшіктер дүниеге келді. Ата-ана мен ұрпақтарының генотиптері қандай болғаны?

7.* Адамда оңқайлықтың жоғары икемділігі солақайлыққа қарағанда доминантты. Шешесі солақай, бірақ өзі оңқай ер адам, үш ағасы мен апасының екеуі солақай, ал өзі оңқай әйелге үйленген. Тұрмысқа шыққан әйелдің генотипі қандай болуы мүмкін? Бұл некеден дүниеге келетін ұрпақтың қаншасы солақай болатының анықтауға бола ма?

8.* Асбұршақтың қалыпты биіктіктегі өсімдігі ергежейлісімен будандастырылған кезде F_1 қалыпты болып шықты. Егер осы шыққан бірінші ұрпақты өзара және F_1 - ді бастапқы қалыпты формамен будандастырса қандай ұрпақ шығар еді? Ал F_1 - дің бастапқы ергежейлі особьпен будандасуынан қандай нәтиже күтуге болады?

9. Үй қояндарының терісінің қлшығының қалыпты ұзындығы басым, қысқасы - рецессивті белгі. Қысқа жүнді аналықтың тапқан бес көжегінің - үшеуі қысқа және екеуі қалыпты жүнді болып шықты. Аталығының генотипі мен фенотипін анықта.

10. Ірі қараның тоқалдылығы мүйізділігіне басымдық көрсетеді. Егер гомозиготалы тоқал аналық сиырларды мүйізді аталықпен будандастырса, бірінші ұрпақ қандай болып шығады? Бұл бірінші ұрпақтың будандарын одан әрі шағылыстырса, F_2 -де қандай нәтиже күтуге болады? Екінші ұрпақтан алынған тоқал аталықтың F_1 -дегі будан сиырларымен шағылыстырса, олардан қандай бұзау туар еді? Екінші ұрпақтан алынған мүйізді особьтарын өзара шағылыстырса, нендей нәтиже күтіледі?

11. Қой бүлдіргеннің қызыл түсті особьтарын өзара будандастырса, ұрпағында тек қызыл түсті, ал ақ түсті өсімдіктері - ақ түсті ғана ұрпақ береді. Осы екі түрлі іріктемелерді (сорттарды) өзара будандастырса ұрпағы қызғылт түсті жемісті болған. Сонда гендердің әсер етуі қалай жүргендегісі? Егер қызғылт түсті формаларды будандастырса, қандай ұрпақ шығар еді? Ал қызыл түсті жемісті қызғылт түспен, қызғылт түстіні ақ түсті жеміспен будандастырса ше?

12. Ірі қара малдың қара-ала үйіріне жаңадан бұқа қосылды. Бұл аталықтан 27 бұзау алынып, оның 7-уі қызыл-ала болып шықты. Мұндай қызыл-ала бұзаулардың өмірге келуіне тек қана аталық "кінәлі" ме, әлде сиырлардың да қатысы бар ма? Мұны қалай анықтауға болады? Осы жаңа аталықтан болашақта туылатын қара аналық бұзаулардың бойында қажетсіз қызыл – ала белгіні шығаратын ген болуы мүмкін бе?

13. Ақ тауық пен қара қоразды будандастырғанда, балапандары ала түсті болып туған. Ал екінші ұрпағында мынадай ажырау байқалған: 1 қара: 2 ала: 1 ақ. Ала түсті будандарды қара және ақ түстілермен шағылыстырса қандай нәтиже шығады?

14. Миоплегия ауруы доминантты белгі ретінде тұқым қуалайды. Әкесі гетерозиготалы, ал шешесі сау отбасында осы аномалиямен өмірге келетін балалардың туылу мүмкіндігі қандай?

15. Адамда тұқым қуалайтын саңырау-мылқаулықтың бір формасын тарататын ген, қалыпты есту геніне қарағанда рецессивті. Егер екі ата-ананың генотиптері гетерозиготалы болса, мұндай некеден қандай ұрпақ күтуге болады? Саңырау-мылқау әйелдің сау еркекпен некесінен саңырау әрі мылқау бала өмірге келген. Осы екі ата-ананың генотиптерін анықта.

16. Амавротикалық жанұялық нақұрыстылықтың балаларда болатын формасы (Тэй-Сакса) аутосомды рецессивті белгі ретінде тұқым қуалап, бала 4-5 жасқа келген кезінде өлімге душар етеді. Бір жанұядағы алғашқы бала осы аталмыш аурудан өлген кезінде, анасы екіншісіне жүктіліктің соңғы айларында болған. Екінші дүниеге келетін баланың осы ауруға ұшырауының мүмкіндігін қалай анықтауға болады?

17. Альбинизм (теріде, көз торы мен шашта пигменттің болмауы) адамда аутосомды рецессивті белгі ретінде тұқым қуалайды. Біреуі альбинос, екіншісі сау жанұяда дүниеге келген екі жұмыртқалық егіздердің біреуі - сау, екіншісі - альбинос болған. Келесіде өмірге келетін балалардың ішінде нешеуі альбинос болуы мүмкін?

18. Алты саусақты (полидактилия) еркек бес саусақты сау әйелге үйленген. Бұл некеден өмірге келген 4 баланың бәрінің саусақтары алтаудан болған. Осы 4 баланың біреуі болашақта 5 саусақты әйелге үйленсе, олардың балаларының алты саусақты болуының мүмкіндігі қандай?

19. Теңіз шошқасының жүнінің бұйралығы тегістілігіне доминанттылық көрсетеді. Мына төменде көрсетілген шағылыстырулардағы барлық жануарлардың генотиптерін жаз:

а) $P \text{♀} \text{ бұйра жүнді} \times P \text{♂-тегіс жүнді} \rightarrow F \text{ ұрпақтары бұйра жүнді};$

б) $P \text{♀-бұйра} \times P \text{♂-тегіс} \rightarrow F^{1/2} \text{ бұйра: } 1/2 \text{ тегіс};$

в) $P \text{♀-тегіс} \times P \text{♂-тегіс} \rightarrow F \text{ тегіс}.$

20. Тышқандар да генотиптері вв- сұр, Вв- сары, ВВ - эмбриональды сағыда өлетіні белгілі. Егер сары мен сұр, сары мен сары тышқандар будандасса қандай ұрпақ шығады? Осы шағылысулардың қайсысынан көп ұрпақ шығатынын алдын-ала болжауға болады?

21.* Гетерозиготалы даралар гомозиготалылар үшін кейбір өлім әкелетін аллельдерді сақтайды. Мэнкс мысықтарындағы құйрықсыздықты мутантты аллель (M^L) тудырады. Бұл аллель бойынша гомозиготалы ($M^L M^L$) мысықтар, әдетте жұлынның ауыр ақауларына байланысты туғанға дейін өледі. M^L аллелі және қалыпты мутацияланбаған аллель (M) үшін гетерозиготалы мысықтарда толық емес доминанттылық жағдайында құйрық қысқа, қалың немесе мүлде жоқ болады. Екі $M^L M$ мысықтары шағылыстырған. Олардың аман қалған ұрпағының кез келгенінің гетерозиготалы болу ықтималдығы қандай?

Есептерді шығару жолдары

1*. Алдымен берілгенін жазамыз. Бұл есепте гендердің әсер етуінен басқа үш жұп ата-ана берілген. 1. $P \text{♀-көгілдір, } \text{♂- кара}; P \text{♀-көгілдір, } \text{♂-көгілдір}; 3. P \text{♀-көгілдір, } \text{♂-ақ}$

Осы үш жұптардың будандасуынан шығатын ұрпақтар сұралған. Енді шығару жолын немесе шешуін жазып, будандастыру схемасын құрамыз.

Аналық особь фенотипі бойынша көгілдір, генотипі - гетерозиготалы, сондықтан екі типті гамета (R және r) береді. Бірінші жұптың аталығының генотипі доминантты белгісі бойынша гомозиготалы, сондықтан бір типті (R) гамета береді. Бұл - қайыра будандастыру. Гаметалардың қосылуының нәтижесінде қайыра будандастырудың (F) ұрпағын аламыз. Фенотип бойынша 1 көгілдір: 1 кара, генотипі - 1 Rr: 1 RR ажырау көрінді. Қайыра будандастыру толымсыз доминанттылық кезінде фенотипі және генотипі бойынша ұрпағында 1:1 ажырауын береді де, ал толық болса, генотипі - 1:1, фенотипі бойынша ажырау бермейді.

Екінші жұптың аналығы мен аталығы фенотиптері жағынан көгілдір, генотиптері - гетерозиготалы, сондықтан әрқайсысы екі түрлі (R және r) гаметалар береді. Егер әрбір ата-ана екі түрлі гаметалар беретін болса, онда Пеннет торын құрамыз. Вертикаль бойынша аналық, горизонталь бағытта аталық гаметаларды, ал тордың ішінде ұрпақтардың генотиптерін жазамыз. Тордың орталығын алынған F_2 -ге талдау жасалынады.

F_2

♀	♂	R	r
R		RR кара	Rr көг.

r	Rr көг.	гак
---	---------	-----

Фенотип бойынша 1 қара: 2 көгілдір: 1 ақ, генотипі -1RR:2Rr:1rr болып ажырайды. Енді есептің соңғы сұрағын, шешелік. Будандастыру схемасын жазамыз: P ♀-Rr x ♂-rr. Гаметалар типтерін анықтаймыз: аналық особь генотипі бойынша гетерозиготалы, сондықтан екі типті гамета - R және r береді, аталықтың генотипі рецессивті белгі бойынша гомозиготалы, сондықтан бір типті гамета r түзеді. Гаметалардың, қосылуынан екі особь пайда болды. Бұл - талдаушы будандастыру. Ұрпақты талдаған кезде F_b фенотипі бойынша 1 көгілдір: 1 ақ, генотипі - 1 Rr: 1rr болып ажырайды. Есепті төмендегідей етіп өрнектейміз:

Берілгені:

- R – қара
- r – ақ
- Rr – көгілдір
- 1. P ♀ Rr x ♂ RR
- 2. P ♀ Rr x ♂ Rr
- 3. P ♀ Rr x ♂ rr

Табу керек:

F-? F₂-? F_b-?

Шешуі:

- 1. P ♀ Rr x ♂ RR
- G R r R
- F RR Rr
- 1 қара : 1 көгілдір
- 2. P ♀ Rr x ♂ Rr

	♂	R	r
♀	R	RR қара	Rr көгілдір
	r	Rr көгілдір	rr ақ

F₂ 1 қара: 2 көгілдір: 1 ақ

- 3. P ♀ Rr x ♂ rr
- G R r r
- F_b Rr rr
- 1 көгілдір: 1 ақ

- Ответ:** 1. F- 1 қара : 1 көгілдір
 2. F₂- 1 қара : 2 көгілдір : 1 ақ
 3. F_b 1 көгілдір : 1 ақ

4*. Берілгеніне гендердің әсер етуін жазудан бастаймыз. (A – сұр, a - қара түс). Ата-ананың екі түрлі жұбы және олардың ұрпақтары берілген.

а) P ♀ сұр, ♂ қара, F₂ 90 сұр: 88 қара; б) P ♀ сұр, ♂ сұр, F₂ 1291 сұр; 356 қара. Ата-ананың екі жұбының генотиптерін анықтау керек.

Есепті шешу үшін будандастыру схемасын құрамыз. Бірінші жұптың аналығының генотипін бірден жазып кете алмаймыз, себебі оның генотипі доминантты белгісі бойынша гомозиготалы немесе гетерозиготалы болса да, фенотипі сұр болады. Сондықтан берілгеніне аналықтың генотипін толық жазбаймыз да, шешуінде анықтаймыз. Ол үшін ұрпақтан алдымен рецессивті белгіні іздейміз. Ұрпақта рецессивті белгі (90 aa) бар, сондықтан да рецессивті ген ата-ананың екеуінде де болғаны. Аталығында рецессивті ген бар, сондықтан аналығына рецессивті генді жазамыз, яғни аналық генотипі бойынша гетерозиготалы Aa. Бұл талдаушы будандастырудың ұрпағы болғандықтан, нәтижесінде фенотипі бойынша 1 сұр: 1 қара, генотипі - 1 Aa: 1 aa ажырауын береді. Ал 88 мен 90 сандарын қысқартсақ, шамамен 1:1 деген ажырауды көрсетеді екен.

Енді екінші сұраққа жауап берелік. Шағылысу схемасын құрамыз.

P ♀ A- x ♂ A-. Ата- ана генотиптері белгісіз. Сондықтан ұрпақтан рецессивті белгіні іздейміз (356 aa). Енді рецессивті генді ата-ананың екеуіне де жазамыз, олардың генотиптері гетерозиготалы (Aa) болып шықты. Пеннет торын құрып, F₂ аламыз, оған талдау жасаймыз.

F₂

	♂	A	a
♀	A	AA	Aa
	a	Aa	aa

A	AA сұр	Aa сұр
a	Aa сұр	aa қара

Фенотип бойынша ажырау - 3 сұр: 1 қара, генотипі - 1 AA:2 Aa: 1 aa. Ал 1291 мен 356 сандарын қысқартсақ, шамамен 3:1 қатынасын аламыз. Сондай-ақ ата-ананың генотипін анықтауға F₂ ұрпағының саны да көмектеседі. Барлығы 4 ұрпақ беру үшін ата-ананың әрқайсысы 2 гаметадан беруі, яғни генотипі бойынша гетерозиготалы болуы керек. Міне, сөйтіп, ата-ана генотипін екі амалмен табуымызға болады екен. Есепті төмендегідей етіп жазуға болады.

Берілгені:

A – сұр
a – қара
а) P ♀ A - ♂ aa
F_b 90A : 88 aa
б) P ♀ A ♂ A -
F₂ 1291 A - : 356 aa

Табу керек:

P - ?

Шешуі:

P ♀ Aa x ♂ aa
F_b 90A - : 88 aa
G A a a
F_b Aa aa
1 сұр : 1 қара
P ♀ Aa x ♂ Aa
F₂ 1291 A - : 356 aa
3 сұр : 1 қара

Жауабы: а) P ♀ Aa ♂ aa; б) P ♀ Aa ♂ Aa

7*. Алдымен есептің берілгенін талдайық. Гендердің әсер етуінен басқа, жанұя құраған әйелдің үш ағасы мен апасы, ер адамның шешесі берілген. Бұл берілген адамдарды әйел мен ер адамның қатарына жақшаға жазамыз. Ер адамда, әйел де оңқай. Әйелдің генотипі мен өмірге келетін солақай ұрпақтың саны сұралады.

Шығару жолына будандастыру схемасын жазамыз. Әйелдің генотипін үш ағасы мен апасына қарап анықтаймыз. Оның туыстарының ішінде екеуі солақай екен. Сонда бұл ағайындылардың әкешешесінің генотиптеріне жасырын түрде солақайлықтың гені болғаны немесе әке-шешесінің біреуі солақай болған. Егер бірінші вариантпен жорамалдасақ, онша әйелдің генотипі AA немесе Aa болуы мүмкін.

Ал екінші вариантта, ол тек қана Aa болады. Сонымен, біз екі түрлі шешімге келеміз: әйелдің генотипі Aa немесе AA болуы ықтимал. Ал ер адамның шешесі солақай болғандықтан, оның генотипі міндетті түрде гетерозиготалы Aa болады, себебі жігіттің оңқай болғаны. ол доминантты генді әкесінен алғанда, шешесінен рецессивті генді тұқым қуалап алған. Сөйтіп, әйел мен ер адамның генотиптерін олардың жақын туыстары мен әке-шешесіне қарап анықтадық.

Берілгені:

A - оңқай
a – солақай
P ♀ A - (P ♀ aa, 2 ♂ aa)
P ♂ A - (P ♀ aa)

Табу керек:

P ♀ - ? F% aa - ?

Шешуі:

1. P ♀ AA x P ♂ Aa
G A A a
F AA Aa
оңқай оңқай
2. P ♀ Aa x ♂ Aa

	♂	A	a
♀	A	AA оңқай	Aa оңқай
	A	Aa оңқай	aa солақай

F₂ 3 оңқай : 1 солақай
4 - 100%
1 - x

$$x = 100 / 4 = 25\%$$

- Жауабы:** 1. P ♀ AA F100% оңқай
2. P ♀ Aa F 25 % солақай

8*. Берілгенін жазамыз. Гендердің әсер етуі берілмеген, сондықтан ата-анасы мен ұрпақтан бастап жазамыз: 1. P ♀ қалыпты, ♂ ергежейлі; F₁-қалыпты. 2. P ♀ F₁ ♂ қалыпты; 3. P ♀ F₁ ♂ ергежейлі. Осы жұп ата-ананың шағылысуынан пайда болатын ұрпақтарды және F₂-ні алуды сұраған.

Алдымен шешуінде будандастыру схемасын жазамыз. Ата-ана формалары сөзбен жазылады. P ♀ қалыпты x ♂ ергежейлі, F₁ қалыпты. Жоғарыда айтылған ережеге сүйеніп, қалыпты биіктік - доминантты, ергежейлік - рецессивті белгі екенін анықтаймыз. Енді осы будандасу схемасын генотип бойынша жазып, яғни реципрокты будандасу жүргіземіз. Есепті жазамыз:

Берілгені:

1. P ♀ қалыпты, ♂ ергежейлі
F₁ қалыпты
2. P ♀ қалыпты, ♂ қалыпты
3. P ♀ қалыпты ♂ ергежейлі
4. P ♀ F₁ ♂ F₁

Табу керек:

A-? a-? F₁-? F-?F₂-?

Шешуі:

1. P ♀ қалыпты x ♂ ергежейлі
F₁ қалыпты
A – қалыпты a – ергежейлі
P ♀ AA x ♂ aa
G A a
F₁ Aa қалыпты
2. P ♀ Aa x ♂ AA
G A a A
F AAAa
қалып. қалып.
3. P ♀ Aa x ♂ aa
G A a a
F_b Aa aa
1 қалыпты. : 1 ергежейлі
4. P ♀ Aa x P ♂ Aa
F₂ 3 қалыпты : 1 ергежейлі

- Жауабы:** 1. A – қалыпты, a – ергежейлі F₁ – қалыпты
2. F- все қалыпты
3. F_b- 1 қалыпты. : 1 ергежейлі
4. F₂ 3 қалыпты. : 1 ергежейлі

21*. Есепті төмендегідей етіп өрнектеу қажет:

Берілгені:

M- сау
M^L - құйрықсыздық
M^LM - құйрық қысқа, қалың немесе мүлдем жоқ
P ♀ M^LM ♂ M^LM

Табу керек:

F% M^LM - ?

Жауабы: F% M^LM: 2/3 немесе 67%

Шешуі:

P ♀ M^LM x ♂ M^LM
G M^L M , M^L M
F₂ M^LM^L M^LM M^LM MM
летальды құйрық қысқа, қалың сау
Ықтималдықты есептеу кезінде өлімге әкелетін даралар есепке алынбайды, осылайша 2/3 қысқа құйрықты M^LM және 1/3 қалыпты құйрықты MM болады

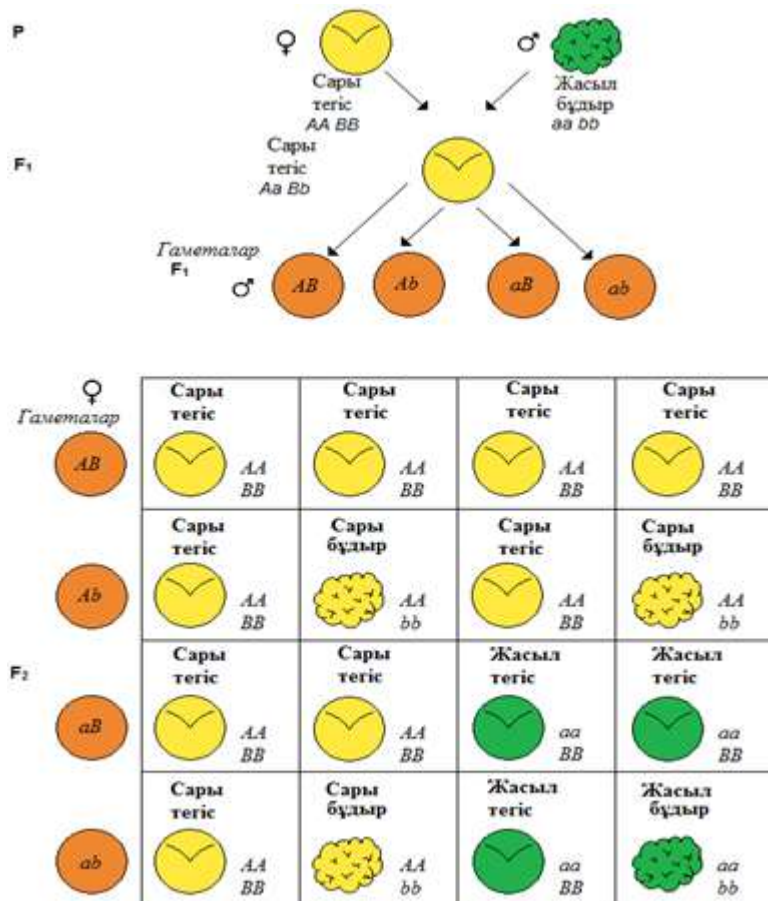
Бақылау сұрақтары

1. Генетикалық есептерді шешудегі қолданылатын негізгі ережелер қандай?
2. Будандастырудың қандай түрлерін білесіз? Мысал келтіріңіз.
3. Мендельдің бірінші және екінші заңдарын қалай дәлелдеуге болады?

4. Толық және толымсыз доминанттылықтың айырмашылықтары қандай?
5. Генетика ғылымында статистикалық өңдеу не үшін қолданылады?

II. ДИГИБРИДТІ ЖӘНЕ ПОЛИГИБРИДТІ БУДАНДАСТЫРУ

Дигибридті будандастыру деп бір-бірінен қарама-қарсы екі жұп белгілері бойынша ажыратылатын ағзаларды будандастыруды айтады (Сурет 2). Бұл белгілерді шығаратын гендер әртүрлі хромосомаларда орналасады. *Полигибридті будандастыруда* 3 немесе одан да көп белгілері бойынша ажыратылатын ағзалар будандастырылады. Дигибридті будандастыруда Г.Мендельдің үш заңын дәлелдеуге, генотиптік және фенотиптік сынып сандарын, т.б. есептеуге болады. Ди және полигибридті будандастырулардың есептерін кейбір жағдайда Пеннет торын құрмай-ақ есептеуге болады. Егер моногибридті будандастыру кезінде тек 2 типті гамета түзілсе, дигибридте 4, т.с.с. түзіледі. Сондықтан аллельдердің талдауын 2^n түрінде белгілеуімізге болады. Пеннет торында түзілген ұрпақтарды талдау арқылы моногибридті будандастырудағы фенотиптік сынып саны 2, генотиптік - 3 екенін еске түсірсек, онан әрі есептер шығару кезінде, фенотиптік сынып санын - 2^n деп, ал генотиптік сынып санын - 3^n деп алуымызға болады. Сонымен, полигибридтердің қайсысына есеп шығарсақ та, олардың генотиптік және фенотиптік ауытқуларын (вариацияларын) оңай есептеуімізге болады. Әрине, бұл әдістерді қолдану тек шартты түрде ғана, себебі мұндай қарапайым әдістер күрделі аралас генотиптері бар талдаушы будандастыруға есептер шығарған кезде қолданылмайтынын да ескеруіміз керек.



Сурет 2. Дигибридті будандастырудың сызба-нұсқасы және оның Пеннет торы бойынша талдауы

Есептер

22*. Ірі қара малда тоқалдылық мүйізділікке қарағанда, қара түс қызыл түске қарағанда доминантты (бұл екі белгінің гендері әртүрлі хромосомада орналасқан). Таза тұқымнан шыққан қара түсті тоқал аталық қызыл мүйізді аналық сиырлармен будандастырылса, алынатын будандар қандай болады? Егер осы будандарды өзара шағылыстырса, қандай нәтиже көрінген болар еді?

23. Тауықтарда айдардың раушангүл тәрізді пішінін беретін R гені, бұршақ тәрізді айдар шығаратын В генімен қатар келсе, онда жаңғақтәрізді пішінді айдар береді. Ал бұл факторлардың рецессивті гендері бір мезгілде гомозиготалы күйде кездессе, жай пішіндегі айдарды шығарады.

Жаңғақ тәрізді айдарлы особь жәй айдарлы особьпен будандастырылған кезде, нәтижесінде жаңғақ, раушангүл, бұршақтәрізді және жәй пішінді айдарлары бар ұрпақтардың сандары бірдей қатынаста болып көрінген. Мұнан басқа қандай будандастыру түрінде F_1 -де тура осындай ажырау алуға болады?

24*. Қарбыздың қабығының түсі жасыл немесе ала, жемісінің пішіні – ұзынша немесе дөңгелек болуы мүмкін. Ұзынша жасыл гомозиготалы өсімдік дөңгелек ала гомозиготалы өсімдікпен будандастырылған кезде, F_1 -дің жемістері дөңгелек жасыл болып шықты. F_2 мен F_7 (талдаушы будандастыру) ұрпақтарында белгілердің көрінуі қандай болады? Егер дөңгелек жасыл және ұзынша жасыл особьтар будандастырылса, F_1 мен F_2 -нің нәтижелері қандай болмақ?

25. Теңіз шошқасының терісінің қылшығының бұйралығы - А, тегістігі - а, қысқалығы - В, ұзындығы - в; қара түсі - С, ақ түсі – с гендерімен анықталады. Егер осы үш гендердің аллельдерді бойынша ажыратылатын теңіз шошқаларын будандастырса F_1 мен F_2 қандай ұрпақ береді? Егер F_1 -дің будандарын тегіс ұзын қылшықты ақ түсті особьпен будандастырса қандай будандар өмірге келеді?

26*. Теңіз шошқасының ұзын, бұйра қылшықты қара түсті аталығы, бұйра, қысқа, ақ түсті аналықпен шағылыстырылған. Осы жұптан будандастыру нәтижесінде, 17 бұйра, қысқа, қара, 15 бұйра, ұзын, қара, 6 тегіс, қысқа, қара және 7 тегіс, ұзын, қара түсті особьтар алынған. Ата-аналарының генотиптері қандай? Әртүрлі сыныптардың қатынастары қандай? Статистикалық Тұрғыдан шыққан ажырау күтілген шамаға сәйкес келе ме, соны дәлелде.

27. Асқабақтың жемісінің ақ түсі сары түстіге, пішінінің ұзынша түрі, дөңгелектілігіне басымдық көрсетеді.

Ақ ұзынша пішінді мен ақ дөңгелек пішінді особьтар будандастырылған кезде, ұрпақтың

- $3/8$ ақ ұзынша,
- $3/8$ ақ дөңгелек,
- $1/8$ сары ұзынша
- $1/8$ сары дөңгелек болған.

Ата-аналарының генотиптерін анықта.

28. Әкесі бұйра шашты (доминантты белгі), бетінде секпілі жоқ, ал шешесі тегіс шашты, секпіл бет (доминантты белгі) болған некеден дүниеге келген үш баланың беттерінде секпілі бар, шаштары бұйра болған. Ата-ана мен балаларының генотиптерін жаз.

29. Фенилкетонурия (фенилаланинді сіңіре алмау) және агама глобулинемияның өте сирек кездесетін швейцарлық түрі (әдетте бала бұл жағдайда алты айлық шамаға келгенде өледі) аутосомды рецессивті белгілер ретінде тұқым қуалайды. Қазіргі кездегі медицинаның жетістіктері фенилаланиннің алмасуының бұзылуының ауыр зардаптарын болдырмауға мүмкіндік береді.

а) Егер жанұядағы ата-ананың екеуі де аталмыш патологиялық гендердің екі жұбы бойынша гетерозиготалы болса, осы отбасында дүниеге келетін сау баланың туу мүмкіндігі қандай шамада болады?

б) Фенилкетонуриямен ауыратын науқастардың туылу ықтималдығын және ата-анасының екеуі де екі белгі бойынша гетерозиготалы отбасында жаңа туған нәрестелерді құтқару мүмкіндігін анықтаңыз.

30. Ересек адамдарда глаукома бірнеше жолмен тұқым қуалайды. Бір формасы доминантты аутосомды генмен, екіншісі алдыңғы генмен тіркеспеген аутосомды рецессивті генмен анықталады.

а) Егер ата-ананың екеуі де патологиялық гендердің қос жұбы бойынша гетерозиготалы болса, өмірге ауру баланың келу шамасы қандай болмақ?

б) Егер ата-ананың біреуі гендердің екі жұбы бойынша гетерозиготалы, екіншісі көру жағынан қалыпты әрі екі жұп гендері бойынша гомозиготалы болса, жанұяда ауру баланың өмірге келуі қандай болады?

31. Тауықтарда ақ түсті қауырсын, боялған қауырсынга, балақ жүнінің болуы оның болмауына, бұршақ тәрізді айдар – жапырақ тәрізді айдарға қарағанда басымдылық көрсетеді.

Ақ түсті, балақ жүнді, бұршақ тәрізді айдары бар гомозиготалы тауық боялған қауырсынды, балақ жүні жоқ, жапырақ тәрізді айдары бар коразбенбудандастырылған. Осы

будандасудан шығатын F_2 ұрпақтың ақ, балақ жүнді, бұршақ тәрізді айдарлысының қайсысы боялған, балақсыз, жапырақ тәрізді айдарлымен будандастырғанда ажырау бермейді?

32*. Түн аруы өсімдігінің бойының биіктігі аласалығына басымдық көрсетсе, қызыл түсі ақ түске толымсыз доминанттылық көрсетіп, қызғылт түсті гетерозиготаларды береді. Егер гомозиготалы қызыл биік өсімдік ақаласа өсімдікпен будандасса, екінші ұрпақтың қаншасы F_1 -ге ұқсас болып келеді?

33. Адамда қара көзділіктің гені көк көзділікке, ал оңқайлық солақайлыққа қарағанда доминанттылық көрсетеді. Бұл белгілерді шығаратын гендер әртүрлі хромосомаларда орналасқан.

а) әкесі гетерозиготалы қара көзді солақай, ал шешесі көк көзді де гетерозиготалы оңқай отбасында дүниеге келген баланың фенотипін анықта.

б) Көк көзді солақай қыз бен қара көзді оңқай жігіттің некесінен өмірге келген егіз ұл мен қыздың біреуі көк көзді солақай, екіншісі көк көзді оңқай болып шықты. Осы отбасының барлық адамдарының генотиптерін анықта.

34. Адамда кіші азу тістің болмауы, алтысаусақтылық (полидактилия) және жақыннан ғана көру аутосомдық доминантты белгілер.

а) Осы аталған үш жұп бойынша гетерозиготалы отбасы иелерінің некесінен өмірге келетін балалардың фенотиптері қандай болмақ?

б) Кіші азу тістері жоқ жігіт алты саусақты, жақыннан көретін қызға үйленген. Жігіттің әкесі барлық үш жұп бойынша сау да, ал шешесінің кіші азу тістері жоқ, бірақ та көруі мен саусақ саны калыпты болған. Қыздың шешесі алты саусақты, әкесі жақыннан көретін болғанымен, үшінші жұп белгілері бойынша екеуі де сау болған. Осы некеден өмірге келетін балалардың фенотиптері қандай болмақ? Барлық үш жұп гендері бойынша таза сау баланың дүниеге келуі мүмкін бе?

35. Хош иісті асбұршақ өсімдігінің бойының биіктігі (D) ергежейлігіне (d), бұршағының жасыл түсі (P) сары түсіне (p), тұқымының тегіс пішіні (R) бұдырлығына (r) басымдылық көрсетеді. Мына сұрақтарға жауап бер.

а) Егер мынадай генотиптегі ата-аналар будандасса ұрпақ нәтижесі қандай болмақ:

$P\text{♀}DDPp Rr \times P\text{♂}dd Pp rr$

$P\text{♀}DDPP Rr \times P\text{♂}Dd Pp Rr$

$P\text{♀}dd pp Rr \times P\text{♂}Dd Pp rr$

$P\text{♀}Dd Pp rr \times P\text{♂}dd Pp Rr$

б) Гомозиготалы ергежейлі, жасыл, бұдыр мен гомозиготалы биік, сары, тегіс пішінді асбұршақтың будандасуынан шығатын F_1 буданының фенотипі қандай? F_1 -дің түзетін гаметалары қандай? F_2 мен F_2 -ажырау қалай жүреді?

36. Қой бүлдіргеннің екі түрлі іріктемелері будандастырылған. Оның біреуі мұртты және түсі қызыл, екіншісі мұртшасыз және ақ түсті болған. Бұл будандастырудан шыққан F_1 мұртты және қызғылт түсті жеміс берді. Будандастырудың қай түрін жүргізіп, қызғылт мұртшасыз сорт алуға болады?

37. №35 есепте алынған F_1 буданын мұртшасыз ақ түсті өсімдікпен қайыра будандастырған кезде мынадай ажырау алынған: 12 мұртшалы қызғылт, 15 мұртшалы ақ, 16 мұртшасыз ақ және 14 мұртшасыз қызғылт. Ал талдаушы будандастырудан (F_1) қандай нәтиже күтуге болады? Алынған ажырау статистикалық күткен шамаға сай келеді ме? Дәлелде.

38. Шешесінің құлағының ұшы бітік емес (доминантты белгі), иегі тегіс, ал әкесі - бітік құлақты және иегінің шұңқыры бар (доминантты белгі) отбасында дүниеге келген ұлының құлағы бітік емес, иегінің шұңқыры бар, ал қызы тура шешесі тәрізді болған. Сонда ата-аналары мен балаларының генотиптері қандай болғаны? Болауы мүмкін генотиптерді түгел жаз.

39. Қызанның жемісінің қызыл түсі - R, сары - r; өсімдіктің бойының қалыпты биіктігі - D, ергежейлісі - d; жемісінің пішінінің дөңгелектігі - P, ұзыншалығы - p гендерімен анықталады.

Қалыпты бойлы қызыл, дөңгелек пен бойы ергежейлі, сары түсті, дөңгелек пішінді қызан өсімдіктері будандастырылған кезде, төмендегідей ажырау берген (3-кесте). Алынған нәтижеге тәсіліктіме бер.

Кесте-3

<i>Өсімдіктің биіктігі</i>	<i>Жемістің түсі</i>	<i>Жемістің пішіні</i>	<i>Саны</i>
қалыпты	Сары	дөңгелек	57
қалыпты	Қызыл	дөңгелек	60
ергежейлі	Сары	дөңгелек	58
ергежейлі	Қызыл	дөңгелек	61
қалыпты	Сары	ұзынша	22
қалыпты	Қызыл	ұзынша	19
ергежейлі	Сары	ұзынша	20
ергежейлі	Қызыл	ұзынша	21

40. №38 есепте берілген үш жұп гендері бойынша гетерозиготалы қызандар будандастырылған кезде алынатын бірінші буданның фенотиптері қандай болады? Бұл будандарды одан әрі шағылыстырып алынған F₂ және F_b-дегі нәтижелерді жаз.

41. Дрозофила шыбынының денесінің сұр түсі мен қанаттарының қалыпты болуы басым белгілер. Қанаттары қалыпты, түстері қара екі шыбынды будандастырған да алынған ұрпақтың барлығының денелері қара, бірақ

олардың ³/₄-нің қанаттары қалыпты, ал ¹/₄-нікі қысқа болған. Ата-ана мен ұрпақтардың генотиптерін анықта.

42. Жібек құртының екі түрлі тұқымдары будандастырылған, олар келесідей белгілермен ерекшеленеді: біреуі сары піллә тоқитын жұлдызқұрттарды, ал екіншісі ақ піллә тоқитын жолақты жұлдызқұрттарды шығарады. Бірінші ұрпақта барлық жұлдызқұрттар жолақты және сары піллә тоқылған болды. Екінші ұрпақта төмендегідей ажыраулар алынды: 6385 - сары піллә өретін жолақты жұлдызқұрттар, 2 147 - ақ пілләлі жолақты, 2099 - бір түсті сары пілләлі, 691 – бір түсті ақ пілләлі. Бастапқы формалармен бірінші және екінші ұрпақтардың генотиптерін анықтаңыз.

Есептерді шығару жолдары

22.* Берілгенін жазалық. Гендердің әсер етуі берілген. Қара түсті тоқал аталықтың таза тұқымды екендігі ескертілген, яғни оның генотипі доминантты белгілері бойынша гомозиготалы болғаны. Гомозиготалы ағзалардың будандасуынан шығатын F₁ және олардың өзара шағылысуынан өмірге келетін F₂ ұрпақты табу керек. Есепті шешу үшін будандастыру схемасын құрып, реципрокты будандастыруды жазамыз: P ♂AABB x ♀ aавв. Аталық особьтың генотипі доминантты белгілері бойынша гомозиготалы, сондықтан бір типті АВ гамета, аналықтың генотипі рецессивті белгілері бойынша гомозиготалы, ол да бір типті гамета береді. Пайда болған F₁ Аа Вв фенотипі бойынша қара тоқал, ал генотипі - дигетерозиготалы.

Дигетерозиготалы особьтар әрқайсысы 4 түрлі гаметадан беретіндіктен,

F₂-ң саны 16, ал фенотипі бойынша ажырауы - 9 қара тоқал: 3 қара мүйізді: 3 қызыл тоқал: 1 қызыл мүйізді. Пеннет торын құрып, тор ішіндегі 16 ұрпаққа талдау жасаған кезде 4 фенотиптік және 9 генотиптік сынып сандарын аламыз. Енді есепті жазалық.

Берілгені:

А - қара
а - қызыл
В - тоқал
в - мүйізді
P ♀aавв ♂AABB

Табу керек:

F₁ - ? F₂ - ?

Шешуі:

P ♀aавв x ♂AABB
Гаметалар ав АВ
F₁Аа Вв
қара тоқал (дигетерозиготалы)
P ♀AaBb x ♂AaBb
F₂
9 АВ + қара тоқал
3 Ав ✓қара мүйізді
3 аВ ^ қызыл тоқал
1 ав қызыл мүйізді

Генотип бойынша ажырау:

1 AABV : 2 AABv : 1 AAВv : 2 AaBV : 4 AaVv : 2 AaВv : 1 aaBV : 2 aaVv
:
1 aавv

Жауабы: F₁ - кара тоқал

F₂ 9 кара тоқал: 3 кара мүйізді: 3 қызыл тоқал: 1 қызыл мүйізді.

24* Берілгеніне алдымен гендердің әсер етуін жазу керек. Бірақ гендер берілмеген, сондықтан ата-анасын, ұрпақ туралы және сұрақты жазамыз. Ата-ананың екі жұбы туралы айтылғанды ескеруіміз керек.

Енді есепті шығаруға келейік: P ♀ жасыл ұзынша x ♀ ала дөңгелек, F₁ жасыл дөңгелек Мендельдің 1 заңына сүйеніп, гендердің әсер етуін табамыз: А - жасыл, а - ала, В - дөңгелек, в — ұзынша. Енді будандасу схемасын генотипі бойынша жазалық: P ♀ AAВv x ♂ aaBV. Ата-ана гаметаларын анықтаймыз. Аналық пен аталық особьтардың генотиптері доминантты және рецессивті белгілері бойынша гомозиготалы болғандықтан әрқайсысы бір типті, яғни аналық - Ав, аталық - aВ гаметадан береді. F₁ фенотипі бойынша жасыл дөңгелек, генотипі - дигетерозиготалы Аa Bv. F₂-ні алу үшін F₁ ұрпағын өзара будандастырамыз. Аналық особь генотипі бойынша дигетерозиготалы, сондықтан 4 типті гамета АВ, Ав, aВ, ав; аталық особьта дигетерозиготалы, ол да тура осындай 4 типті гаметадан береді. Гаметаларды өзара үйлестіріп, F₂-ні аламыз. Толтырылған Пеннет торына талдау жасаған кезімізде, фенотипі бойынша 9 жасыл дөңгелек: 3 жасыл ұзынша: 3 ала дөңгелек: 1 ала ұзынша ажырауын берді. Мұнан соң талдаушы будандастыру жүргіземіз: P ♀ Aa Bv x ♂ aa vv. Аналық особь 4 түрлі, аталық - 1 түрлі гаметадан береді.

F_b -1 жасыл дөңгелек: 1 жасыл ұзынша: 1 ала дөңгелек: 1 ала ұзынша, фенотиптік 4 сынып санын береді.

Енді екінші жұптық будандасу схемасын жазамыз. F₁ алу керек болғандықтан реципрокты будандасу жүргіземіз: P ♀ AAВv x ♂ AAВv. Алынған F₁ фенотипі бойынша жасыл дөңгелек, генотипі - моногетерозиготалы AAВv.

Бұл особьтарды өзара будандастырып, F₂-ні аламыз. P ♀ AAВv x ♂ AAВv. Аналық особь генотипі бойынша моногетерозиготалы, сондықтан 2 типті АВ, Ав, аталық особьта тура осындай 2 типті гаметадан береді. Пеннет торын толтырып, алынған F₂-ге талдау жүргіземіз. Фенотип бойынша—3 жасыл дөңгелек: 1 жасыл ұзынша; генотипі - 1AABV:2AABv:1AaВv, ажырау байқалды, яғни фенотиптік-2, генотиптік-3 сынып сандарын алдық. Сөйтіп, есептің сұрақтарына толық жауап бердік. Енді есепті жазамыз.

Берілгені:

1. P ♀ жасыл ұзынша
P ♂ ала дөңгелек
F₁ жасыл дөңгелек
2. P ♀ жасыл дөңгелек
P ♂ жасыл ұзынша

Табу керек:

Гендердің әсер етуі? F₁, F₂, F_b - ?

Шешуі:

P ♀ жасыл ұзынша x ♂ ала дөңгелек
F₁ жасыл дөңгелек
А - жасыл
а - ала
В – дөңгелек
в – ұзынша
P ♀ AaBv x ♂ AaBv
G ав АВ
F₁ AaBv жасыл дөңгелек
P ♀ AaBv x ♂ AaBv
F₂
9 А-В - жасыл дөңгелек
3 А-вв - жасыл ұзынша
3 ааВ - ала дөңгелек
1 аавв ала ұзынша
P ♀ AaBv x ♂ aавv
F_b

♂	ав	
♀		
AB	AaBv	1 жасыл дөңгелек

Ав	Аавв	1 жасыл ұзынша
аВ	ааВв	1 ала дөңгелек
ав	аавв	1 ала ұзынша

2. P ♀AABB x ♂AABb

G AB Ab

F₁ AABb жасыл дөңгелек

P ♀-AABb x ♂AABb

F₂

1 AABB : 2 AABb : 1 AAbb

3 жасыл дөңгелек : 1 жасыл ұзынша

Жауабы: 1. А – жасыл а - ала

В-дөңгелек

в-ұзынша

F₁ жасыл дөңгелек

F₂ 9 жасыл дөңгелек : 3 жасыл ұзынша : 3 ала дөңгелек : 1 ала ұзынша

F_b 1 жасыл дөңгелек : 1 жасыл ұзынша : 1 ала дөңгелек : 1 ала ұзынша

2. F₂ 3 жасыл дөңгелек : 1 жасыл ұзынша

26*. Берілгенін жазамыз. Есепті мұқият оқып шыққаннан кейін гендердің әсері, F₁ берілмегенін байқаймыз. Есепті өрнектеу түсініксіз болған кезде, бір нөмірге жоғарыға қараймыз. Бүлесеп өткен есеппен байланысты екен, яғни №24 есептен гендердің әсеретуін алып жазамыз. Мұнан соң будандасатын ата-ананы берілгеніне жазуымыз керек: P ♀A-B-cc, ♂A – vv-С. Ата-ана генотипін бірден толық жаза алмаймыз, сондықтан доминантты гендер жалқыдан жазылады. Енді ұрпақты жазалық: F 17 A-B-C-, 15 A – vvC-, 6 aa B – C-, 7 aa vv C-. Ата-ана генотиптерін анықтау, сыныптар қатынасы және статистикалық күтістің сәйкестілігі сұралған.

Есептің шешуіне будандастыру схемасын жазамыз: P ♀-A-B-cc x ♂A -vvC-. Ережеге сүйеніп ата-ана генотипін ұрпағына қарап анықтаймыз:

F 17 A-B-C-, 15 A - vvC-, 6 aaB - C-, 7 aa vvC-. Алдымен рецессивті белгілерді іздейміз. Үшінші жұп гені бойынша ұрпақта рецессивті ақ белгі - cc жоқ. Сондықтан ата-ана генотипі былай жазылады: P ♀Aa Bvcc ♂Aa vvCC. Енді ата-ана гаметаларын анықтаймыз. Аналық особь генотипі бойынша дигетерозиготалы, сондықтан 4 типті, аталық - моногетерозиготалы, 2 типті гаметадан береді. Пеннет торын сызып, ұрпаққа талдау жүргіземіз. Пеннет торында фенотип бойынша: 3 бұйра қысқа кара: 3 бұйра ұзын кара: 1 тегіс қысқа кара: 1 тегіс ұзын кара қатынасындай ажырайды. Сонымен фенотиптік сынып саны 4 болып шықты, ажырауы 3:3:1:1 болды. Ал есептің берілгеніндегі 17:15:6:7 ажырауындағы әрбір санды шамамен 6-ға қысқартсақ, 3:3:1:1 қатынасын аламыз. Яғни, статистикалық тұрғыдан шыққан ажырау, күтілген шамаға сәйкес келді. Бұл біздің ата-ана генотипін дұрыс анықтағанымызды көрсетеді. Енді есепті төмендегідей етіп жазамыз.

Берілгені:

А – бұйра

а – тегіс

В-қысқа

в – ұзын

С- кара

с – ақ

P ♀A - B - cc, ♂A - vvC-

F 17 A-B-C-, 15A-vvC-,

6aaB-C-, 7 aavvC-

Табу керек:

P ♀♂? P ♀♂? Сыныптар қатынасы?

Статистикалық күтіс?

Шешуі:

P ♀AaBvcc x ♂AavvCC

F 17 A-B-C-, 15A-vvC-, 6 aaB-C-, 7 aavvC-

F₂

3A-B-C-✓ бұйра қысқа кара,

3 A-vvC - + бұйра ұзын кара

1 aaB-C- тегіс қысқа кара

1 aavvC - тегіс ұзын кара

Жауабы: 1) P ♀Aa Bvcc ♂AavvCC

2) фенотиптік ажырау 3 : 3 : 1 : 1

3) статистикалық ажырау күтілген шамаға сәйкес келді.

32*Берілгеніне гендердің әсер етуінен бастап жазамыз. А - биік, а - аласа, В - қызыл, в - ақ, Вв — қызғылт. Ата-ана формалары берілген $P_{\text{♀}}AABB \times \text{♂}aavv$. Аналық особьтың генотипі доминантты, аталықтың генотипі рецессивті белгілері бойынша гомозиготалы, сондықтан аналық бір типті АВ, аталықта бір типті ав гаметадан береді. Гаметаларды қосып, алынған F_1 -ге талдау жүргіземіз. F_1 фенотипі бойынша биік бойлы, қызғылт түсті, генотипі - дигетерозиготалы. Алынған бірінші ұрпақты өзара будандастырып, F_2 -ні алу үшін Пеннет торын толтырамыз. Пеннет торының ішіндегі особьтарға талдау жүргізгенімізде, фенотип бойынша мынадай - 3 биік қызыл, 6 биік қызғылт: 3 биік ақ: 1 аласа қызыл: 2 аласа қызғылт: 1 аласа ақ ажырау жүрді: екінші ұрпақтың 16 особьының алтауы F_1 -дегідей, яғни биік бойлы, қызғылт түсті болып шықты.

Сонымен есептің сұрақтарына жауап беріп болдық, енді есепті жазуға көшелік.

Берілгені:

А – биік
а – аласа
В – қызыл
в – ақ
Вв – қызғылт
 $P_{\text{♀}}AABB \times \text{♂}aavv$

Табу керек: F_1 -? F_2 -?

Шешуі:

$P_{\text{♀}}AABB \times \text{♂}aavv$
G АВ ав
 $F_1 AaBb$ биік бойлы, қызғылт түсті
 $P_{\text{♀}}Aa \times \text{♂}Aa$ Вв

F_2 3 А - ВВ + биік қызыл

3 А - вв ✓ биік ақ
6 А - Вв•биік, қызғылт
1 аа ВВ аласа қызыл
2 аа Вв ^аласа қызғылт
1 аа вв аласа ақ

Жауабы: F_1 - биік, қызғылт

F_2 6 даралық биік бойлы, қызғылт түсті

Бақылау сұрақтары

1. Дигибридті будандастыру кезінде тұқым қуалау қалай жүреді?
2. Дигибридті және полигибридті будандастыруларда Мендельдің неше заңдылықтарын дәлелдеуге болады?
3. Белгілердің тәуелсіз тұқым қуалаушылығын қалай дәлелдеуге болады?
4. Дигибридті будандастыру жағдайындағы толымсыз доминанттылық F_2 де фенотип және генотип бойынша қандай ажыраулар береді?
5. Мендельдің үшінші заңын дәлелдеңіз.

III. ГЕНДЕРДІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІ КЕЗІНДЕГІ ТҰҚЫМ ҚУАЛАУ

Ген ағзаның белгілерін анықтайтын тұқым қуалаушылық бірлігі ретінде белгілі бір функционалдық қасиеттерге ие. Бұрынғы айтылғандардан белгілі болғандай, ген өзінің іс-әрекетінде дискретті екендігі анық; ол организмнің белгілі бір белгісінің дамуы немесе тежелуі тәуелді болатын жеке биохимиялық реакцияның болуын немесе болмауын анықтайды. Әлбетте, егер бірнеше гендер бір қасиетті анықтаса (адамның көзінің түсі, бидай масағының ұзындығы және т.б.), онда олар өзара әрекеттесуі керек.

Аллельді емес гендер – хромосомалардың әртүрлі аймақтарында орналасқан және бірдей емес ақуыздарды коделейтін гендер. Аллельді емес гендер де өзара әрекеттесе алады. Бұл жағдайда бір ген бірнеше белгілердің дамуын анықтайды немесе керісінше, бір белгі бірнеше гендер жиынтығының әсерінен көрінеді.

Бір белгінің көрінісін екі немесе одан да көп ген жұбы анықтай алады (комплементарлық және полимерлік тұқым қуалаушылық) және керісінше, гендердің бір жұбы бірнеше белгілердің көрінуіне әсер етуі мүмкін (гендердің бірнеше әрекеті). Сонымен қатар, кейбір гендер басқалардың әсерін тежеуі мүмкін (эпистаз). Бұл құбылыстардың барлығы гендердің өзара әрекеттесуі деген жалпы атау алды.

Кез-келген ағзаның қасиеттері (қояндардың терісінің түсі, сұлының масағының ұзындығы, т.б.) көптеген гендермен анықталады. Бұл жағдайда әртүрлі гендердің аллельдері бір-бірімен өзара әрекеттеседі. Нәтижесінде дигетерозиготаның (F_2) ұрпағында бірнеше түрлі сандық қатынастағы (мысалы: 9:3:4; 9:7; 13:3; 15:1 т.б.) ажыраулар байқалады. Генетикалық талдау мұндай F_2 –дегі фенотип бойынша ажыраулардың 9:3:3:1 жалпы формуласының түр-өзгерістері екендігін көрсетті.

Гендердің өзара әрекеттесуінің 4 түрі белгілі: комплементарлық, эпистаз, полимерия, модификация. Гендердің өзара әсерлесуінің комплементарлық типінде F_2 -дегі белгілердің ажырауы -9:3:3 : 1; 9 : 6 : 1; 9 : 3 : 4; 9 : 7; доминантты эпистазда - 13 : 3; 12 : 3 : 1; рецессивті эпистазда - 9 : 3 : 4 (дара); 9 : 7 (екі еселенген); куммулятивті және куммулятивті емес полимерияда -15:1 қатынастарын көрсетеді.

Аллельді емес гендердің өзара әрекеттесуінің есептерін шешу негізінен үш кезеңнен тұрады және генетикалық есептерді шешудің белгілі бір ережелерін білуді талап етеді. Алдымен, альтернативті белгілер жұбының дамуына қанша ген жұбы жауап беретінін анықтау керек. Ол үшін F_2 -ге қарап, ажырау бойынша будандастырудың түрін (моно немесе ди гибриді), содан кейін гендердің өзара әрекеттесуінің типі және ең соңында ғана гендердің әсер етуі анықталады.

Гендердің комплементарлық өзара әрекеттесуі

Комплементарлық немесе қосымша доминантты гендер егер генотипте (А-В-) бірге болған кезде әр геннің жеке әсерімен (А-*bb* немесе *aaB* -) салыстырғанда жаңа белгінің дамуын анықтайды (Сурет 3). Белгінің дамуын әр түрлі хромосомаларда орналасқан бір емес, екі немесе одан да көп жұп аллельді емес гендер анықтай алады. Егер кем дегенде бір жұп гомозиготалы рецессивті күйде болса, онда белгі дамымайды немесе доминанттан өзгеше болады.



Сурет 3. Гендердің комплементарлық өзара әрекеттесуі

Биохимиялық тұрғыдан алғанда, бұл көбінесе белгілердің дамуы әдетте көп сатылы процесс болғандықтан болуы мүмкін, оның әр кезеңі жеке ферментпен бақыланады (фермент туралы ақпарат белгілі бір генде болады). Егер кем дегенде бір ген рецессивті күйде болса, онда өзгертілген фермент синтезделеді, реакция жүрмейді және соңғы өнім түзілмейді:

Ген	A	B	C	D
Фермент	E1	E2	E3	E4
	↓	↓	↓	↓
Реакциялар	S1 → S2 → S3 → S4 → P (белгі)			

Гендердің өзара әрекеттесуінің *комплементарлық* түрінде келесідей ажырау түрлері көрінеді: 9:3:3:1; 9:6:1; 9:3:4; 9:7 (3 сурет)

Есептер

43.* Арпаның жасыл дәнді іріктемесі ақ дәнділігімен будандастырылған кезде, - жасыл түсті болған да, F₂-де түстері бойынша мынадай ажырау берген: 89 жасыл, 28 сары және 39 ақ түсті. Дәндердің түсі қалай тұқым қуалаған?

Егер F_1 - дің буданын гомозиготалы сары және ақ дәнді өсімдіктермен будандастырса қандай нәтиже шығады?

44. Теңіз шошқасының ақ түстісін қарасымен будандастырғанда, ұрпағы сұр болған да, F_2 -де 9 сұр, 3 қара және 4 ақ ұрпақ шыққан. Ата-анасының

терісінің түсі басқа реңде болғанда F_1 мен F_2 -де тура осындай ажырау беретіндей будандастырылу болуы мүмкін бе? Олардың фенотиптері мен генотиптері қандай болуы мүмкін?

45.* Кокерспаниэль тұқымының екі қара түсті иттерін будандастырғанда ұрпағында терісінің түсі төрт түрлі күшіктер өмірге келген: 9 қара, 3 жирен, 3 қоңыр, 1 ақшыл-сары. Қара түсті кокерспаниэль ақшыл-сары түстісімен будандастырылған кезде ұрпақта ақшыл-сары түсті күшік жарық көрген. Осы қара түсті кокерспаниэльді генотипі өзімен тура бірдей итпен будандастырса ұрпағынан түстері бойынша қандай ажырауды күтуге болады?

46. Асқабақтың жемісінің пішіні дөңгелек, тегершік және ұзынша болып келуі мүмкін. Мұндай пішіндердің көрінуі бір-біріне тіркеспеген аллельді емес гендердің екі жұбымен анықталады.

а) жемісі дөңгелек пішінді екі-өсімдікті будандастырған кезде ұрпағында тек қана тегершік пішінді жемістер пайда болған. Осы тегершік тәрізді жемістері бар өсімдіктер өзара будандастырылған кезінде, ұрпағында пішінінің 3 түрінде бар будандар пайда болған. Олардың: 9 - тегершік, 6 - дөңгелек, 1-ұзынша пішінді болып шықты. Ата-ана, бірінші және екінші ұрпақ будандарының генотиптерін анықта.

б) Тегершік және ұзынша пішінді жемістері бар өсімдіктер өзара будандастырылған кезінде, ұрпағында жемістері 1 - тегершік, 2 дөңгелек, және 1 ұзынша пішінді өсімдіктер пайда болды.

Будандастырылып отырған өсімдіктер мен олардың ұрпақтарының генотиптерін анықта.

47.* Адамда туа біткен саңыраулық а және в гендерімен анықталады. Қалыпты еститін адам болуы үшін оның генотипінде доминантты аллельдердің (АВ) екеуі де болуы қажет. Мына екі түрлі отбасындағы ата-аналардың генотиптерін анықта:

а) ата-ананың екеуі де саңырау, ал олардың 5 баласының бәрінің құлағы қалыпты естиді;

б) екі саңырау ата-анадан туған 3 баланың бәрінің де құлақтары естімейді.

48. Хош иісті бұршақ гүлінің түсі ақ та, қызыл да болуы мүмкін. Гүлдерінің түстері ақ екі өсімдікті будандастырғанда, ұрпағы тек қызыл гүлді болып шыққан. Осы екі қызыл гүлді өсімдіктерді өзара будандастырған кезде, ұрпақтарында 9 қызыл, 7 ақ түсті гүлдері бар өсімдіктер алынды. Ата-ана, бірінші және екінші ұрпақ генотиптерін анықтап, гендердің өзара әсерлесуіне сипаттама бер.

Есептерді шығару жолдары

43*. Берілгенін жазамыз. Гендердің әсер етуі берілмеген, сондықтан ата-анадан бастап жазуымыз керек. Бірінші және екінші ұрпақтарды жазып, F_2 -дегі ұрпақтардың сандық ажырауын көрсетеміз. Ата-ананың будандасатын екінші жұбын жазамыз. Гендердің өзара әсерлесуінің типін, ұрпақты және гендердің әсер етуін табуымыз керек. Есепті шығару кезінде жоғарыда айтылған ережеге сүйенеміз Белгінің шығуына неше жұп ген қатынасынын білуіміз керек. Ол үшін F_2 -ге қарап, 89:28:39 сандарын шамамен белгілі бір санға (9-ға) қысқартып, 9:3:4 ажырауына келтіреміз. Сөйтіп, будандасуға екі жұп ген қатынасады екен (мұны F_2 -ң саны 16 болғаны көрсетіп тұр), яғни бұл - дигибридті будандастыру.

Пеннет торын толтырып алынған F_2 - ұрпағына талдау жасаймыз. Нәтижесінде 9 жасыл: 3 сары : 4 ақ қатынасындай ажырау шықты. Бұл гендердің өзара әсерлесуінің комплементарлық типі. Доминантты А және В гендері бір генотипте болған кезде жасыл түсті береді де, бөлек болса сары және ақ түсті шығарады екен.

Енді F_1 - дің буданын Аа-Вв, сары аа ВВ және ақ аа вв особьтармен шағылыстыру схемаларын құрамыз: 1. $P \text{♀} Aa Bb \times \text{♂} aa BB$, 2. $P \text{♀} Aa Bb \times \text{♂} aa bb$. Ата-ана гаметаларын жазамыз. 1. Аналық особь генотипі бойынша дигетерозиготалы, сондықтан 4, аталық - рецессивті және доминантты белгілері бойынша гомозиготалы, сондықтан 1 типті гаметадан береді. Пеннет торын толтырған кезде, фенотип: бойынша 2 жасыл : 2 сары қатынасындай ажырау шықты. Екінші жағдайда (талдаушы будандастыру) F_2 1 жасыл: 2 ақ: 1 сары ажырауы байқалды.

Есептің шешілуі төмендегідей өрнектеледі:

Берілгені:F₂ жасыл ♂ ақF₁ жасылF₂ 89 жасыл : 28 сары : 39 ақ2. P₂ F₁ ♂ сарыP₂ F₁ ♂ ақ**Табу керек:**

Гендердің әсері? F - ?

Шешуі: Шешуі:1. P₂ жасыл х ♂ ақF₁ жасылF₂ 89 жасыл : 28 сары : 39 ақ

9 : 3 : 4

A-жасыл а-сары

B-боялған в-боялмаған

P₂ AABV х ♂ aавв

AB ав

F₁ AaBv (жасыл)P₂ AaBv х ♂ AaBvF₂ 9 A-B - √зеленый:3 A - вв + белый3 aa B[^]- желтый: 1 aa вв – белый2. P₂ Aa Bv х ♂ aa BVF₂ жасыл : 2 сары3. P₂ Aa Bv х ♂ aa vvF₂ 1 жасыл : 2 ақ: 1 сары

Жауабы: 1. Бояудың шығуына комплементарлық тип бойынша өзара әсерлесетін гендердің екі жұбы жауап береді:

A - жасыл; a - сары

B - боялған

b - боялмаған

2. F - 2 жасыл : 2 сары

3. F_b 1 жасыл : 2 ақ: 1 сары

45.* Берілгенін жазайық. Гендердің әсер етуі берілмегендіктен ата-анасы мен ұрпақтың берілгені туралы жазамыз. Ата-ананың екеуі де фенотиптері бойынша қара. Ұрпақтың фенотиптерін жазғаннан соң, екінші және үшінші будандасатын ата-ана жұптарын және олардың ұрпақтарын жазу керек. Гендердің өзара әсерлесуінің типін, гендердің әсерін және ұрпақтарды табуымыз керек.

Есептің шешуіне келейік. Екі қара түсті особьтардың будандасу схемасын құрамыз. Өмірге келген ұрпақтардың фенотипі бойынша 9 қара, 3 жирен, 3 қоңыр және 1 ақшыл-сары ажырауын көрсетеміз. Бұл дигибридті будандастырудың екінші ұрпағы, мұны особьтар санының 16 болып шығуы

дәлелдейді. Яғни, белгілердің шығуына 2 жұп ген жауап береді екен. F₂-нің 9:3:3:1 ажырауы гендердің өзара әсерлесуінің комплементарлық типіне тән. Енді гендердің әсер етуін жазуымыз керек. A - жирен, a-ақшыл-сары, B - қоңыр, b - ақшыл сары. Доминантты A және B гендері бөлек генотипте болса өз түстерін, бірге болған жағдайда қара түсті береді. Енді ата-ана особьтары будандасу схемасында генотипі бойынша дигетерозиготалы болуы керек, себебі ұрпақтың саны 16 екендігі белгілі жағдай. Ал 16 ұрпақ алу үшін ата-ананың әрқайсысы 4 типті гаметадан беруі қажет. Пеннет торын құрып, алынған F₂-ге талдау жүргіземіз.

Енді екінші жұптың будандасу схемасын жазайық. Мұнда тек қана 1

ақшыл-сары түсті күшіктің өмірге келгені айтылған, яғни оның генотипі aавв болуы қажет.

Егер аналықтың генотипін гомозиготалы етіп алсақ, онда доминанттау ережесі бойынша өмірге тек қана қара күшіктер келеді. Бұл сірә, талдаушы будандастыру болуы керек, тек қана осындай жағдайда ғана өмірге ақшыл-сары күшік келеді. Аталықтың генотипін білеміз (aавв), ал аналық – F₁ ден шыққан будан. Сонда будандастыру схемасы былай жазылады. P₂ AaBv х ♂ aавв. Аналық генотипі бойынша дигетерозиготалы, сондықтан 4 типті; аталығы рецессивті белгілері бойынша гомозиготалы, сондықтан 1 типті гаметадан береді. Пеннет торын құрып алған F₁ фенотипі бойынша-1 қара: 1 жирен: 1 қоңыр: 1 ақшыл-сары қатынасындай ажырау берді.

Үшінші будандасатын жұптың түстері қара екендігі айтылған. Бұл бірінші ұрпақтың буданы болғандықтан, оның генотипі дигетерозиготалы, ал будандасуының нәтижесі бастапқы бірінші жұптағыдай болады. Яғни, 9 қара: 3 жирен: 3 қоңыр: 1 ақшыл-сары. Сондықтан, біз бұл будандасудан тура осындай ажырауды күтеміз. Бұл жағдайда Пеннет торын қайтадан құрмай-ақ

фенотип бойынша ажырауын бірден жазамыз. Сонымен есептің сұрақтарына жауап беріп болдық, енді берілгенін жазуға көшелік.

Берілгені: P ♀ қара ♂ қара F ₂ 9 қара, 3 жирен, 3 қоңыр, 1 ақшыл-сары P ♀ қара ♂ ақшыл-сары F ақшыл-сары P ♀ қара ♂ қара	Шешуі 1. P ♀ қара x ♂ қара F ₂ 9 қара:3 жирен:3 қоңыр: 1 ақшыл-сары (комплементарлық) A – жирен a - ақшыл-сары B – қоңыр b - ақшыл сары P ♀ Aa Bb x ♂ Aa Bb F ₂ √9 A-B -қара + 3 A-вв - жирен ^3 aa B - қоңыр 1 aa вв - ақшыл-сары P ♀ Aa Bb x ♂ aabb F _T 1 қара:1 жирен:1 қоңыр:1 ақшыл-сары P ♀ Aa Bb x ♂ aabb F _b 1 қара:1 жирен:1 қоңыр:1 ақшыл-сары 3. P ♀ Aa Bb x ♂ Aa Bb F ₂ 9 A-B -:3A - вв : 3 aaB - 1 aabb қара жирен қоңыр ақшыл-сары
Табу керек: Гендердің әсері мен өзара әсерлесуі? P - ?	

Жауабы: Белгінің шығуына комплементарлық тип бойынша өзара әсерлесетін 2 жұп ген жауап береді.

A - жирен, a - ақшыл-сары¹
B - қоңыр, b - ақшыл-сары
F₂ 9 қара : 3 жирен : 3 қоңыр : 1 ақшыл-сары
F_T 1 қара : 1 жирен : 1 қоңыр : 1 ақшыл-сары
F₂ 9 қара : 3 жирен : 3 қоңыр : 1 ақшыл-сары

47*. Берілгеніне алдымен гендердің әсер етуін жазамыз: A - сау, a - саңырау; B - сау, b - саңырау. Екі түрлі отбасындағы ата-аналардың екеуі де саңырау екендігі берілген. Бірінші жұптағы ата-ананың екеуі де саңырау, яғни генотиптері A - вв және aaB-. Туған 5 баланың бәрі де естиді, яғни генотиптері A-B-. Екінші ата-ананың 3 баласы да саңырау - A-вв, aaB-.

Ата-аналардың генотиптерін анықтау керек. Есепті төмендегідей етіп жазамыз. Ол үшін жоғарыда айтылған ережелерге сүйенеміз.

Берілгені: A -сау a - саңырау B – сау b - саңырау 1. P ♀ A-вв ♂ AaB F ₅ A-B - 2. P ♀ A - вв ♂ aa B – F ₃ A - вв, aa B -	Шешуі: 1. P ♀ AAвв x ♂ aaBB F ₅ Aa Bb 2. P ♀ Aавв x ♂ aaBb F ₃ Aавв, aaBb
Табу керек: P - ?	

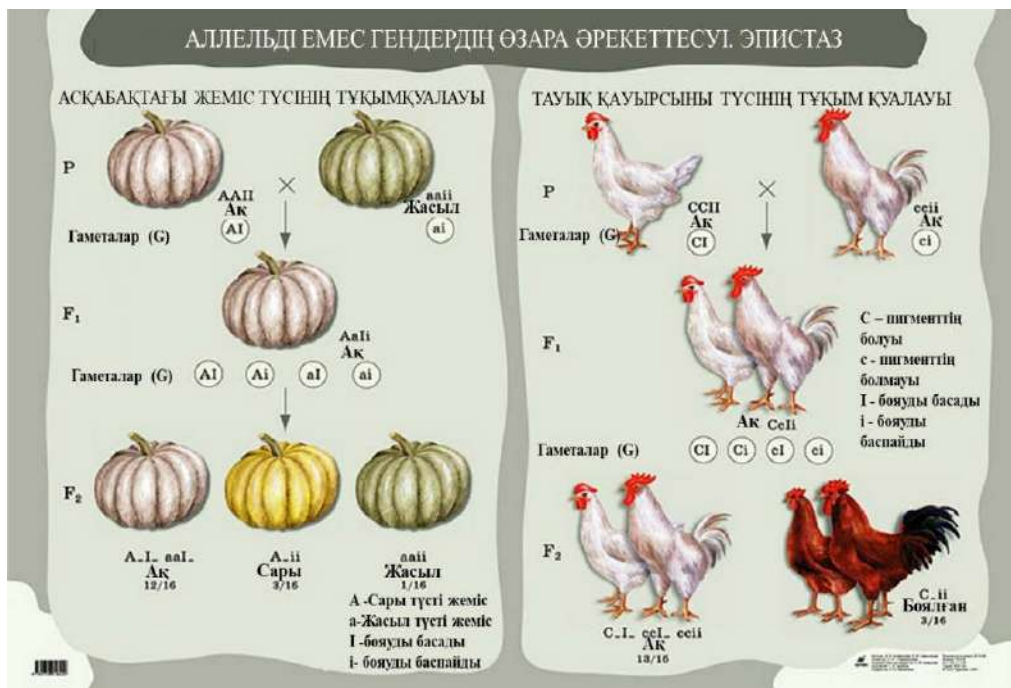
Жауабы: 1. P ♀ AAвв ♂ aaBB
2. P ♀ Aавв ♂ aaBb

Эпистаз

Басымдылық кезінде бір аллельдің әрекетін сол геннің басқа аллелі басады: A>a, B>b және т.б. Алайда, бір ген екінші басқа геннің әрекетін басатын өзара әрекеттесу де бар, мысалы, A>B немесе B>A, a>B немесе b>A және т. б. Мұндай құбылыс *эпистаз* деп аталады. Басқа гендердің әсерін тежейтін гендер *супрессорлар* немесе *ингибиторлар* деп аталады. Олар доминантты да, рецессивті де болуы мүмкін. Супрессорлық гендер жануарларда, өсімдіктерде және микроорганизмдерде белгілі. Олар әдетте **I** немесе **S** деп белгіленеді.

Эпистаз әдетте екі түрге бөлінеді: доминантты және рецессивті. Доминантты эпистаз деп бір доминантты геннің басқа доминантты геннің әрекетін басып алатынын айтады. Доминантты эпистазда ажыраудың екі түрі бар: 12:3:1 және 13:3 (Сурет 4,5).

Эпистаз немесе гендердің қарама-қарсы әрекеті деп доминантты күйдегі бір аллель жұбының (супрессор) гені басқа ген жұбы басқаратын белгінің дамуын тежейтін құбылысты айтады.



Сурет 4. Доминантты эпистаз кезіндегі ажырау (12:3:1; 13:3)



Сурет 5. Доминантты (12:3:1; 13:3) және рецессивті (9:3:4) эпистаздардағы ажыраулар

Дара рецессивті эпистазда бір геннің рецессивті аллелі гомозиготалы күйде бола отырып, басқа геннің доминантты немесе рецессивті аллельдерін көрсетуге мүмкіндік бермейді: $vv > A$ немесе $vv > aa$. Ажырау 9: 3: 4 (сурет 5).

Дара рецессивті эпистаздың сипатталған жағдайларынан басқа, гомозиготалы күйдегі әрбір геннің рецессивті аллелі бір мезгілде комплементарлы геннің доминантты аллелінің әсерін реципрокты бір мезгілде басып тастайды яғни **aa** басады **V**- және **vv** басады **A**- ($aa > V$ және $vv > A$).

Екі рецессивті супрессордың мұндай өзара әрекеттесуі *екі еселенген рецессивті эпистаз* деп аталады. Дигибридті будандасуда фенотиптің ажырауы гендердің комплементарлық өзара әрекеттесуі тәрізді 9: 7 құрайды.

Демек, сандық қатынастары бірдей ажырауды комплементарлық өзара әрекеттесу мен эпистаздың нәтижесі ретінде түсіндіруге болады. Онтогенездегі белгінің биохимиясы мен даму физиологиясын білместен гендердің өзара әрекеттесуіндегі тұқым қуалаушылықтың бір генетикалық талдауы бұл өзара әрекеттесудің табиғатын аша алмайды. Бірақ генетикалық талдаусыз бұл белгілердің дамуының тұқым қуалайтын механизмін анықтауды түсіну мүмкін емес.

Есентер

49*. Дрозофиланың көзінің көруі екі жұп гендердің әсер етуімен анықталады. II хромосомада орналасқан *Lobe* генінің доминантты аллелі көз фассеттерінің редуциясын туғызса, рецессивтісі–қалыпты дамуды қамтамасыз етеді. IV хромосомада орналасқан *Eyeless* генінің доминантты аллелі қалыптылықты, рецессивтісі–редуциялықты тудырады. Соқыр шыбындардың екі түрлі линиялары будандастырылған. F_1 мен F_2 –ні анықта.

50. Арпа дәнінің түсінің тұқым қуалауы өзара тіркеспеген екі жұп гендер арқылы тұқым қуалайды. Доминантты гендердің бір жұбы қара түсті, екіншісі–сұр түсті шығарады. Қара түстілікті шығаратын ген сұр түске басымдық көрсетеді. Ал екі рецессивті гендердің аллельдері ақ түсті шығарады.

а) Екі қара түсті өсімдіктерді будандастырғанда ұрпағында 12 қара, 3 сұр және 1 ақ түсті дәндері бар будандар алынған. Будандастырылып отырылған өсімдіктер мен олардың будандарының генотиптерін анықта.

б) Ақ түсті особьты қара түстісімен будандастырған кезде ұрпағының жартысы қара, жартысы – сұр түсті болып шықты. Будандастырылған өсімдіктердің генотиптерін анықта.

51. Тауықтардың қауырсындарының ақ түсі бір-бірімен тіркеспеген аллельді емес гендердің екі жұбы арқылы анықталады. Бір жұбының доминантты аллелі түстілікті (баяуды) шығарады. Екінші жұбында доминантты ген бояудың шығуын басып тастайды да, ал рецессивті ген бояуды шығарады. Ақ түсті тауықпен қоразды будандастырған кезде ұрпағында алынған 1570 балапанның 198-і ақ түсті болып шықты. Ата-ана мен қауырсындары боялған балапандардың генотиптерін анықта.

52* Үй қояндарының қара түсті, қалыпты қылшықты аналығын түсі ақ, қысқа қылшықты аталығымен будандастырған кезде, F_1 -дің көжектерінің түсі қара, қылшығының ұзындығы қалыпты болып шықты. Екінші ұрпақтың көжектерінен мынадай ажырау байқалды: 29 қара, қалыпты; 10 көгілдір, қалыпты; 12 ақ, қалыпты; 9 қара, қысқа; 4 көгілдір, қысқа және 5 ақ түсті қысқа қылшықты. Қылшықтың түсі мен ұзындығының тұқым қуалауын, ата- ана генотиптерін анықта.

53. Тышқанның терісінің түсі тіркеспеген екі жұп гендердің өзара әсерлесуімен анықталады. Бір жұптың доминантты гені-сұр, рецессивті аллелі – ақ түсті шығарады. Екінші жұптың доминантты гені бояудың көрінуін қамтамасыз етсе, оның рецессивті аллелі түстің шығуын басып тастайды.

Сұр тышқандардың өзара будандасуынан шыққан 57 сұр, 18 қара ұрпақтың генотипі қандай?

54. Қой бүлдіргеннің мұртшасыз қызыл және мұртшасыз ақ түсті екі іріктемесі будандастырылған кезде F_2 -де мынадай ажырау байқалды: 329 өсімдік мұртшалы, қызыл; 101 – мұртшалы, ақ; 231 – мұртшасыз, қызыл және 99 – мұртшасыз, ақ жемісті. Бастапқы будандасқан іріктемелердің генотипін, жемістердің мұртшалығы мен түстерінің тұқым қуалау сипатын анықта.

55. Жүгерінің дәндері ақ түсті өсімдіктерін өзара будандастырған кезде, F₁ – ақ, F₂ – 137-ақ, 38-күрең қызыл түсті дәнді болып шықты. Гендердің өзара әсерлесуінің бұл қай түрі? Аталған особьтардың генотиптерін анықта. Талдаушы будандастырудың (F₁) нәтижесі қандай болмақ?

56. Бұдырлы қызыл мен бұдырлы ақ гүлді түн аруы өсімдігінің екі особы будандастырылған кезде, бірінші ұрпақ жәй қызыл гүлді болып шыққан. F₂ - де мындай ажырау алынған: 69-бұдырлы ақ, 274 - жәй қызыл, 85 - жәй ақ, 212 - бұдырлы қызыл гүлді.

Гүлдің түсі мен пішіні қандай жолмен тұқым қуалаған?

57* Гүлінің түсі қызғылт, күлтесі қалыпты зығыр өсімдігі ақ түсті, қалыпты күлтелі түрімен будандастырылған. F₁-де қызғылт түсті, қалыпты күлтелі будандар шықты. F₂ -де 41 қызғылт қалыпты, 7 қызғылт қыртысты, 5 ақ қыртысты және 13 ақ қалыпты қатынасындай ажырау байқалды. Гүлдің түсі мен күлтенің пішіні қалай тұқым қуалаған?

Есептерді шығару жолдары

49*. Берілгенін жазамыз. II хромосомада Lobe гені II Lobe - фассеттер редукциясын, рецессивті аллелі +Lobe - қалыпты көз дамуы деп, IY + Eyless - қалыпты көз, - Eyles редукция шығарады деп көрсетеміз. Мұнан соң ата-аналарын жазамыз: P ♀ соқыр ♂ соқыр. Бірінші және екінші ұрпақты табуымыз керек. Есепті шешуге көшелік. Алдымен будандастыру схемасын құрамыз:

$P \text{♀} LL^{\text{II}} + +^{\text{IV}} \times \text{♂} + +^{\text{II}} ee^{\text{IV}}$. Ата-ананың әрқайсысы генотиптері бойынша гомозиготалы болғандықтан I типті гаметадан береді: аналығы L+, аталығы +e. Гаметаларды үйлестіріп, F₁ -ді аламыз: F₁ L+ +e, фенотипі бойынша - соқыр, генотипі – дигетерозиготалы. Бірінші ұрпақтарды өзара будандастырып, F₂-ні аламыз. Ата-ананың, әрқайсысы генотипі бойынша дигетерозиготалы болғандықтан 4 типті гаметадан береді. Бұл үшін Пеннет торын құрамыз. Тордың ішіндегі F₂ особьтарына талдау жүргізген кезде 13 соқыр : 3 қалыпты көретін болып шықты. Бұл доминантты эпистаз. Мұнда көздің соқырлығын шығаратын L - доминантты гені +E қалыпты көзді шығаратын генге басымдық көрсетіп, оның шығуын бөгейді. Нәтижесінде 13 шыбын соқыр болып дүниеге келеді. Ал 3 қалыпты көретін шыбындардың генотиптері +++, ++e, ++e+, яғни бұларда соқырлықты беретін L гені жок. Сонымен, көздің соқырлығын шығаруға екі жұп ген қатынасады және олар бір-бірімен гендердің өзара әсерлесуінің доминантты эпистаз типі бойынша әрекеттеседі. Есепті темендегідей етіп өрнектейміз.

Берілгені:

II Lobe- фассеттер редукциясы
+ Lobe- қалыпты көз
IY + Eyless- қалыпты көз
Eyless- фассеттер редукциясы
II IY II IY
 $P \text{♀} LL^{++} \times \text{♂} ++ee$

Табу керек:

Гендердің өзара әсерлесуі?
F₁, F₂-?

Шешуі:

$P \text{♀} LL^{\text{II}} ++^{\text{IV}} \times \text{♂} + +^{\text{II}} ee^{\text{IV}}$
соқыр соқыр
G L+ +e
F₁ L +II + eIV соқыр
 $P \text{♀} L ++ e \times \text{♂} L ++ e$
F₂ 13 редукциялы : 3 қалыпты

Жауабы: F₁ – соқыр. F₂ 13 фассеттер редукциясы: 3 қалыпты көз

52* Берілгенін жазамыз. Гендердің әсер етуі берілмеген, сондықтан ата- анасын жазамыз: P ♀ кара түсті, қалыпты қылшықты, P ♂ ақ түсті, қысқа қылшықты. Енді ұрпақ туралы берілгенін көрсетеміз. F₁ кара, қалыпты; F₂ - 29 кара, қалыпты, 10 көгілдір, қалыпты, 12 ақ, қалыпты, 9 кара, қысқа, 4 көгілдір, қысқа және 5 ақ түсті, қысқа қылшықты. Гендердің әсері мен өзара әсерлесуінің типін және ата-ана генотипін анықтау керек.

Енді есепті шығаралық. Будандасу схемасын құрғаннан кейін жоғарыда айтылған ережеге сүйенеміз.

Альтернативті белгінің әр жұбын бөлек есептейміз. Яғни, кара – 38, көгілдір – 12, ақ – 19. Мұны шамамен 4-ке қысқартып, белгілі бір ретке келтіреміз – 9 кара: 3 көгілдір: 4 ақ. Енді қылшықтың пішініне келейік, қалыптысы – 51, қысқасы – 18. Бұл сандарды 18-ге қысқартып 3:1 қатынасын аламыз. Сонымен, бірінші жұптың (яғни, түстің) белгісін шығаруға 2 жұп ген, екіншісіне - 1 жұп ген қатынасады екен. 9:3:4 ажырауы бойынша есеп дара рецессивті эпистаз

($vv > A$, $vv > aa$) жолымен шығарылады, себебі, бастапқы ата-анада көгілдір түс болған жоқ, ол екінші ұрпақта көрініп тұр. Будандастыруға үш жұп ген қатынасадындықтан, бұл - үшгибридті будандастыру. Енді гендердің әсер етуін жазамыз: А - кара, а - көгілдір, В - бояйды, в - бояуды басады, Д - қалыпты, д - қысқа. Одан әрі ата-анасын генотипі бойынша өрнектейміз: $P \text{♀} AABVDD \times \text{♂} aavvdd$. Шыққан $F_1 AaVvDd$ - кара түсті, қалыпты қылшықты. F_2 -де мынадай ажыраушықты: 36 кара: 12 көгілдір: 16 ақ; 48 қалыпты: 16 қысқа. Бірінші ажырау қатынасын 4-ке қысқартып 9:3:4, екіншісіне 12-ге қысқартып 3:1 ажырауын аламыз. Яғни, есептің нәтижесінде тура берілгеніне сәйкес келетін нәтиже алдық. Бұл біздің гендердің әсер етуін, өзара әсерлесу типін және ата-ана генотипін дұрыс анықтағанымызды көрсетеді. Енді есепті өрнектеуге көшелік:

Берілгені:

$P \text{♀}$ кара, қалыпты
 $P \text{♂}$ ақ, қысқа
 F_1 кара, қалыпты
 F_2 29 кара, қалыпты
 10 көгілдір, қалыпты
 12 ақ, қалыпты
 9 кара, қысқа
 4 көгілдір, қысқа
 5 ақ, қысқа

Табу керек:

Гендердің әсері, өзара әсерлесу типі?
 $P \text{♀} \text{♂}$ - ?

Шешуі:

$P \text{♀}$ кара, қалыпты $\times \text{♂}$ ақ қысқа
 F_2 38 кара: 12 көгілдір: 19 ақ
 9: 3: 4
 (дара рецессивті эпистаз)
 51 қалыпты: 18 қысқа
 3 : 1
 А – кара
 а - көгілдір
 В - бояйды
 в - бояуды басады
 Д-қалыпты
 д - қысқа
 $P \text{♀} AABVDD \times \text{♂} aavvdd$
 $G \quad AVD \quad \quad \quad avd$
 $F_1 AaVvDd$ кара, қалыпты
 $P \text{♀} Aa Vv Dd \times \text{♂} Aa Vv Dd$

F_2

$\text{♀} \text{♂}$	AVD	AVd	AvD	Avd	aVD	aVd	avD	avd
AVD	AABVDD ✓	AABVdD ✓	AABvVD ✓	AABvDd ✓	AaBVDD ✓	AaBVdD ✓	AaVvDD ✓	AaVvDd ✓
AVd	AABVdD ✓	AABVdd +	AABvDd ✓	AABvdd +	AaBVdD ✓	AaBVdd +	AaVvDd ✓	AaVvdd +
AvD	AABvVD ✓	AABvDd ✓	AABvDD ^	AABvDd ^	AaVvDD ✓	AaVvDd ✓	AaVvDD ^	AaVvDd ^
Avd	AABvDd ✓	AABvdd +	AABvDd ^	AABvdd ~	AaVvDd ✓	AaVvDd +	AaVvDd ^	AaVvdd ~
aVD	AaBVDD ✓	AaBVdD ✓	AaVvDD ✓	AaVvDd ✓	aaBVDD •	aaBVdD •	aaVvDD •	aaVvDd •
aVd	AaBVdD ✓	AaBVdd +	AaVvDd ✓	AaVvdd +	aaBVdD •	aaBVdd x	aaVvDd •	aaVvdd x
avD	AaVvDD ✓	AaVvDd ✓	AaVvDD ^	AaVvDd ^	aaVvDD •	aaVvDd •	aaVvDD <	aaVvDd <
avd	AaVvDd ✓	AaVvdd +	AaVvDd ^	AaVvdd ~	aaVvDd •	aaVvdd x	aaVvDd <	aaVvdd <

$F_2 \sqrt{27}$ А-В-Д- кара қалыпты
 + 9 А-В-dd - кара қысқа
 ^ 9 А-bb - D- ақ қалыпты
 • 9 aa B - D- көгілдір қалыпты
 ~ 3А - bbdd - ақ қысқа

х 3аа В - dd - көгілдір қысқа
 < 3 аа bbD - ақ қалыпты
 1 аа bb dd - ақ қысқа
 36 қара : 12 көгілдір : 16 ақ
 9 : 3 : 4
 48 қалыпты : 16 қысқа
 3 : 1

- Жауабы:** 1. А – қара, В – бояйды, Д – қалыпты, а – көгілдір, в - бояуды басады, д – қысқа.
 2. Белгінің шығуына бір-бірімен рецессивті эпистаз бойынша өзара әсерлесетін гендердің үш жұбы жауап береді.
 3. P ♀ AABBD D ♂ аа вв dd

57*. Берілгеніне ата-анасынан бастап жазамыз, себебі гендердің әсер етуі берілмеген. Одан әрі бірінші және екінші ұрпақтың берілгенін жазып, гендердің әсер етуі мен өзара әсерлесуінің типін анықтауымыз қажет. Есепті шығару үшін будандастыру схемасын құрамыз: P ♀ қызғылт қалыпты х ♂ ақ қалыпты. F₁ - қызғылт қалыпты, F₂ - 41 қызғылт қалыпты: 7 қызғылт қыртысты: 5 ақ қыртысты: 13 ақ қалыпты. Алдымен будандасуға неше жұп ген қатысып тұрғанын анықтауымыз керек. Ол үшін F₂ -нің ұрпақтарына альтернативті белгінің әр жұбы бойынша (түсі және пішіні) бөлек талдау жүргіземіз. Нәтижесінде 48 қызғылт: 18 ақ және 54 қалыпты: 12 қыртысты қатынасындай ажырау көрінді. 48:18 ажырауын шамамен 18-ге қысқартып, 3:1 қатынасын, ал 54:12-ні 4-ке қысқартып 13:3 ажырауын аламыз. Ажыраудың сандық қатынастарының нәтижесінде есептелетін будан саны, бізге будандастырудың үшгибридті екенін және гендердің өзара әсерлесуінің доминантты эпистаз (В>Д) екенін көрсетеді. Енді гендердің әсер етуін анықтаймыз: А - қызғылт, а - ақ; В - қыртысты басады, в - қыртысты шығарады, Д - қыртысты күлте, д - қалыпты күлте. Сонымен, есептің сұрақтарына жауап беріп болдық, енді өрнектеуге көшелік:

Берілгені:

P ♀ қызғылт қалыпты
 ♂ ақ қалыпты
 F₁ - қызғылт қалыпты
 F₂ - 41 қызғылт қалыпты
 7 қызғылт қыртысты
 5 ақ қыртысты
 13 ақ қалыпты

Табу керек:

Гендердің әсері мен өзара әсерлесудің типі?

Шешуі:

P ♀ қызғылт қалыпты х ♂ ақ қалыпты
 F₁ – қызғылт қалыпты
 А-қызғылт
 а - ақ
 В-қыртысты басады
 в-қыртысты шығарады
 Д-қыртысты
 д-қалыпты
 P ♀ AABBD D х ♂ ааввдд
 G АВД авд
 F₁ AaBvDd қызғылт қалыпты
 P ♀ AaBvDd х ♂ AaBvDd
 F₂ 27 А-В-Д қызғылт қалыпты
 9 А-В - dd қызғылт қалыпты
 9 А-ввД- қызғылт қыртысты
 3 А-ввдд қызғылт қалыпты
 9 аа В – Д ақ қалыпты
 3 аа вв Д ақ қалыпты
 3 аа вв Д ақ қыртысты
 1 аа вв dd ақ қалыпты
 48 қызғылт: 16 ақ;
 3 : 1
 52 қалыпты: 12 қыртысты
 13 : 3

- Жауабы:** 1) А – қызғылт, а – ақ, В - қыртысты басады, Д – қыртысты, в - қыртысты шығарады, д - қалыпты
 2) Белгіні шығаруға доминантты эпистаз бойынша өзара әсерлесетін гендердің үш жұбы қатынасады.

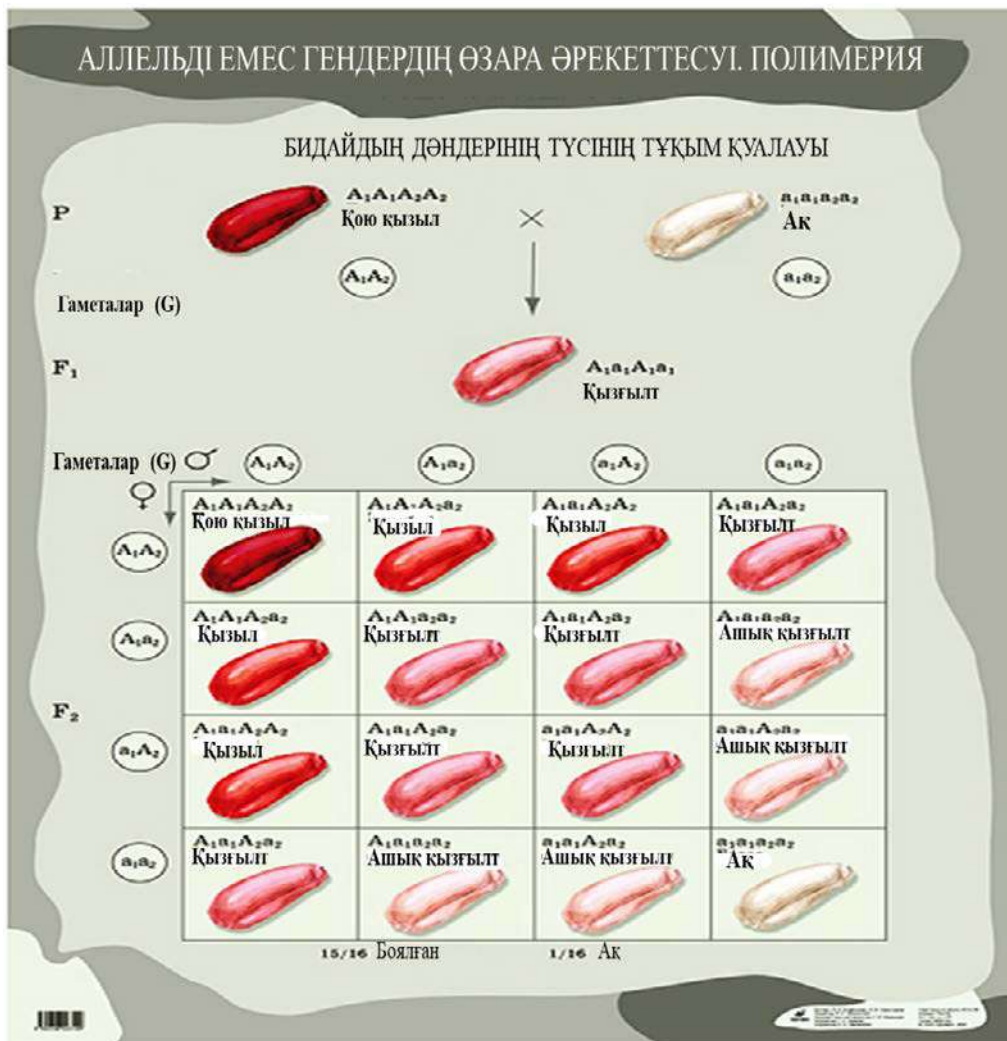
Гендердің полимерлік әсері

Осы уақытқа дейін қарастырылған гендердің өзара әрекеттесу түрлері балама, яғни сапалық жағынан ерекшеленетін белгілерге қатысты болды. Полимерлі тұқым қуалаушылықта бір белгінің дамуы әртүрлі хромосомаларда орналасқан бірнеше жұп гендермен бақыланады. Доминантты күйдегі гендер неғұрлым көп болса, белгі соғұрлым айқын болады.

Доминантты полимерлі гендердің шоғырлануы кезінде олардың әсері жинақталады, яғни олар кумулятивті әсерге ие, сондықтан осы типтегі өзара әрекеттесу *кумулятивті полимерия* деп аталады. Бірегейлікті, әр түрлі гендердің әсерінің біркелкілігін атап өту үшін олар бірдей таңбалармен белгіленеді, тек әр түрлі сандарды қосады - A_1, A_2 және т.б. Кумулятивті полимерияда бір ұрпақтың әр түрлі дараларының генотиптеріндегі сандық өзгермелі қасиет генотиптегі доминантты гендердің әр түрлі санымен анықталады. Сонымен, бидай нәсілдерін (*Triticum*) қызыл және ақ (боялмаған) дәндермен будандастыру кезінде швед генетигі г. Нильсон-Эле 1908 жылы F_2 -де 3:1-ге қатысты әдеттегі моногибридтегідей ажырауды тапты.

Алайда, осындай белгілермен ерекшеленетін кейбір басқа бидай линияларын будандастырғанда, F_2 -де 15/16 боялған : 1/16 боялмаған ажырауы байқалады. Бірінші топтағы дәндердің түсі қою қызылдан дан бозғылт қызылға дейін өзгереді (Сурет 6).

Әр түрлі түсті F_2 дәндерінен алынған өсімдіктердің генетикалық талдауы ақ дәндерден және ең қою (қызыл) түсті дәндерден өсірілген өсімдіктердің одан әрі ажырамайтындықтарын көрсетті. Аралық типтегі түсі бар дәндерден кейінгі ұрпақтарда бидайдың түсі бойынша ажыратылатын өсімдіктер дамыды. Дәндердің түсінің қарқындылығы генотиптегі доминантты гендердің санына байланысты.

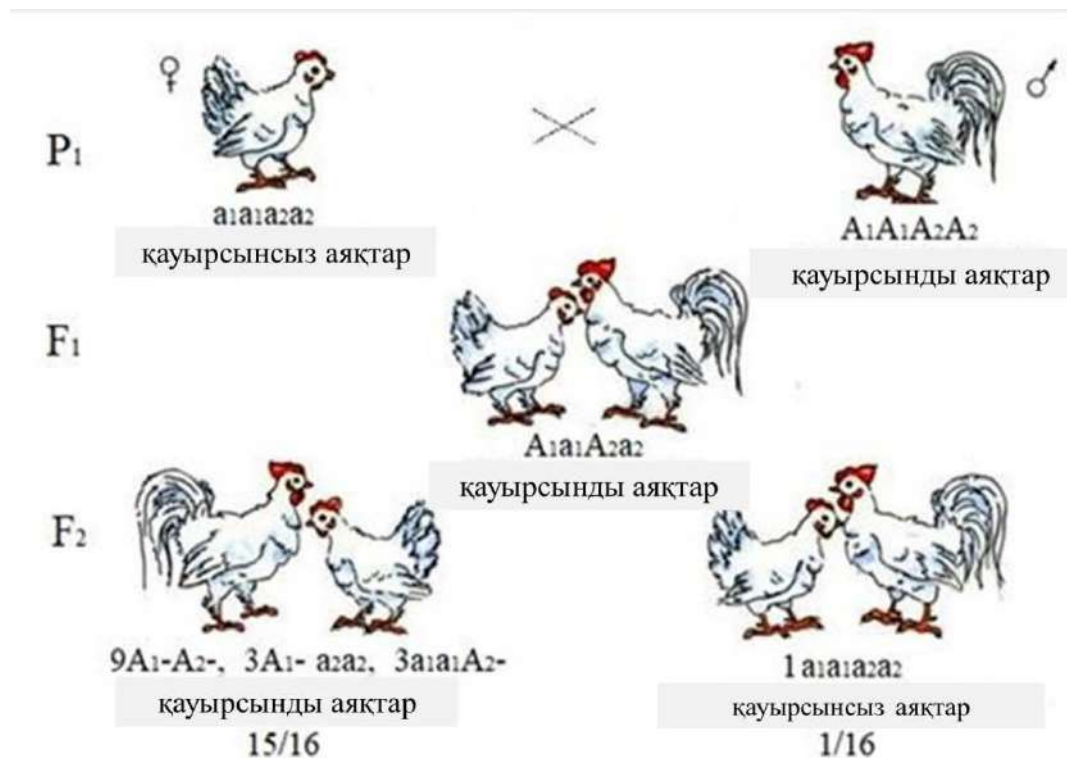


Сурет 6. Бидайдың дәндерінің түсінің тұқым қуалауы (кумулятивті полимерия)

Демек, F_2 15:1-де бөліну берген бастапқы ата-аналық формаларда $A_1A_1A_2A_2$ және $a_1a_1a_2a_2$ генотиптері болды. F_1 гибридінің генотипі $A_1a_1A_2a_2$ генотипі болды, ал F_2 -де

доминантты гендердің саны әртүрлі дәндер пайда болды. 1/16 өсімдіктердегі барлық төрт доминантты $A_1A_1A_2A_2$ аллельдерінің болуы дәннің ең қарқынды түсін анықтайды; 4/16 барлық дәндерде үш доминантты (мәселен, $A_1A_1A_2a_2$) аллель болды, 6/16 – екі ($A_1a_1A_2a_2$), 4/16 – бір ($A_1a_1a_2a_2$ тәрізді және осы генотиптердің барлығы қарқынды қызыл және ақ арасындағы ауыспалы әр түрлі аралық түстерді анықтады. Рецессивті гендердің екеуі бойынша гомозиготалы ($a_1a_1a_2a_2$) барлық дәндердің 1/16 болды және бұл дәндер боялмаған болып шықты.

Куммулятивті емес полимерия жағдайында генотиптегі доминантты гендердің санына байланысты белгінің сипатының пайда болуы өзгермейді. Мысал ретінде тауықтардағы (*Gallus gallus*). Аяқтың қауырсындарының балақтылығын алуға болады. Қауырсынды және қауырсынды емес аяқтары бар тұқымдарды шағылыстырудан F_1 -де қауырсынды аяқтары бар балапандар пайда болады. Екінші ұрпақта фенотип бойынша ажырау жүреді 15/16 қауырсынды аяқтармен және 1/16 қауырсынсыз, яғни екі фенотиптік класс байқалады (Сурет 7).



Сурет 7. Тауықтардың аяқтарының балақтылығының тұқым қуалауы (кумулятивті емес полимерия)

Жоғарыда келтірілген екінші мысалда генотипте біртекті әсер ететін доминантты полимерлі гендердің әртүрлі санының болуы белгінің көрінуін өзгертпейді. Белгінің дамуына себеп болу үшін екі геннің бір доминантты аллелі жеткілікті. Сондықтан гендердің өзара әрекеттесуінің бұл түрі *кумулятивті емес полимерия* деп аталды.

Полимерлік әрекет сандық белгілердің тұқым қуалауының негізінде жатыр және эволюцияда маңызды рөл атқарады.

Мысалы, терінің пигментация дәрежесі екі жұппен гендермен анықталады (іс жүзінде одан да көп). Осыған сәйкес, берілген белгі бойынша адамдарды шартты түрде 5 фенотипке бөлуге болады: негрлер ($AABV$), қара мулаттар ($AABv$ немесе $AaBV$), орташа мулаттар ($AaVv$, $aaBV$ немесе $AaVv$), ақшыл мулаттар ($AaVv$ немесе $aaVv$) және ақ ($aaVv$).

Есептер

58. Адамның терісінің түсі полимерлі гендердің бірнеше жұптарының өзара әсерлесуінің нәтижесінде анықталады. Егер генотипте доминанты гендердің саны көп болса, терінің қара түске боялуының қарқындылығының артатыны байқалған. Негр мен ақ түсті нәсілдердің некесінен туған бала мулат деп аталады. Егер генотипі $A_1A_1A_2A_2$ негр әйел терісі ақ ($a_1a_1a_2a_2$) еркек пен тұрмыс құрса, осы отбасында таза негр, мулат және ақ балалардың қандай тепе-теңдікпен өмірге келуін күтуімізге болады?

59. Жұмыршақ өсімдігінің бұршаққынының пішіні үшбұрышты немесе дөңгелек болып келеді. Кез-келген бұршаққыны үшбұрышты гомозиготалы өсімдікті дөңгелектісі мен будандастырса, F_1 әрқашанда үшбұрышты болып шыққан. F_2 –де мынадай ажырау беретін ата-ана генотиптерін анықта:

- а) 15 үшбұрышты: 1 дөңгелек;
- б) 3 үшбұрышты: 1 дөңгелек.

60. Қойлардың бір тұқымының жүнінің ұзындығы орташа есеппен 40 см, екінші түрлі тұқымдысы - 30 см көрсетеді. Бұл екі түрлі тұқымды ажыратуға гендердің үш жұбының өзара әсерлесуі жауап береді. F_1 мен F_2 –ні тап.

61. Үй қояндарының екі түрлі тұқымы өзара будандастырылған. Бір тұқымының құлағының ұзындығы 30 см болса, екіншісінікі - 10 см. Мұндай айырмашылық екі жұп гендердің біртекті әсер етуінің нәтижесінде жүзеге асады. Бірінші (30 см) тұқымының генотипі $A_1A_1A_2A_2$, екіншісінікі (10 см) - $a_1a_1a_2a_2$. F_1 буданының құлағының ұзындығын және F_2 -дегі барлық генотиптердің фенотипін анықта.

62*. Адам бойының биіктігі полимерия типі бойынша өзара әсерлесетін бір-бірімен тіркеспеген гендердің үш жұбымен қадағаланады. Кейбір популяцияларда ең биік адамдардың бойының биіктігі тек доминанты гендердің әсер етуінің нәтижесінде дамиды да, олар 180 см көрсетсе, ең аласа адамдарда тек қана рецессивті гендер болып, олар 150 см биіктікті ғана көрсетеді.

- а) 3 жұп гендері бойынша гетерозиготалы адамдардың бойының биіктіктері қанша болмақ?
- б) Аласа бойлы әйел орта бойлы ер адамға тұрмысқа шыққан. Бұл отбасында бойларының биіктіктері - 165 см, 160 см, 155 см, және 150 см төрт бала дүниеге келді. Ата-ананың генотиптерімен бойларының биіктіктерін анықта.

63. Ақ түсті әйелмен негр еркектің некесінен өмірге келетін мулаттардың фенотиптерін жаз.

Есептерді шығару жолдары

62*. Берілгеніне гендердің әсер етуін жазамыз. Мұнда адам популяциясындағы аласа бойлы адамдардың бойының биіктігі рецессивті және бойшандарының бойы доминантты полимерлі гендердің 3 жұбымен анықталатыны айтылған. Яғни, бойшаң адамның генотипі $A_1A_1A_2A_2A_3A_3 = 180$ см, аласа бойлы адамдардікі – $a_1a_1a_2a_2a_3a_3 = 150$ см. Табуымыз керегі генотипі $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$ болатын адамның бойының биіктігі.

Екінші тармағы бойынша берілгеніне ата-анасының фенотипін жазамыз: $P \text{♀}$ аласа, $P \text{♂}$ орташа бойлы. Ұрпақтары туралы көрсетуіміз керек: F 165, 160, 155, 150 см. Ата-анасының генотипі мен бойларының биіктігін анықтауымыз қажет.

Есепті шығару үшін алдымен берілгеніне сүйеніп, бір доминантты геннің әсер ету сипатын анықтауымыз керек. Мұны табу үшін тепе-теңдік схемасын сызамыз, яғни 6 доминантты ген 180 см берсе, 1 доминантты ген неше см береді? Егер 6 рецессивті гендердің жиынтығы 150 см биіктікті шығарса, біреуі неше см шығаруға жауап береді? Мұны былай өрнектейміз:

$$6A - 180 \text{ см} \quad 6a - 150 \text{ см}$$

$$1A - x \quad 1a - x$$

Тепе-теңдікті шешіп бір A - 30, бір a - 25 см беретінін табамыз. Мұнан соң үшгетерозиготалы генотиптің фенотипін анықтау үшін, әр геннің шығаратын белгісін жазып, яғни үш доминантты ген 90 см, үш рецессивті - 75 см, бұлардың қосындысы - 165 см биіктікті көрсететінін анықтаймыз. Сөйтіп есептің бірінші тармағына жауап бердік, енді екіншісін шешелік. Аласа бойлы әйелдің фенотипі 150-см екендігі жоғарыда айтылған. Жоғарыда айтылған ереже бойынша ата-ананың генотипін ұрпағына қарап анықтаймыз. Орта бойлы ер адамның фенотипі 165 см көрсетеді, себебі оның бойында 3 доминанты және 3 рецессивті гендер болады. Будандастыру схемасын құрып, Пеннет торын толтырамыз. ұрпақтың фенотипін жазған кезде, тура берілгеніндей нәтиже алдық, яғни балаларының бойларының көрсеткіштері - 165, 160, 155

және 150 см болды. Біз біздің ата-ана генотипін дұрыс анықтағанымызды дәлелдейді. Енді өрнектеуге көшелік.

Берілгені:

$A_1A_1A_2A_2A_3A_3 = 180 \text{ см}$

$a_1a_1a_2a_2a_3a_3 = 150 \text{ см}$

а) $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$

б) Р ♀ аласа бойлы ♂ орта бойлы

F 165, 160, 155, 150 см

Табу керек:

а) бойы $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$ - ?

б) Р, F генотиптері - ?

Шешуі:

$A_1A_1A_2A_2A_3A_3 = 180 \text{ см}$

$6A = 180$

$1A = x$

$1A = 180/6 = 30 \text{ см}$

$a_1a_1a_2a_2a_3a_3 = 150 \text{ см}$

$6a = 150$

$1a = x$

$1a = 150/6 = 25 \text{ см}$

а) $A_1a_1A_2a_2A_3a_3 = 30+25+30+25+30+25 = 165 \text{ см}$

б) Р ♀ $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$ x ♂ $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$

150 см

165 см

G $a_1a_2a_3 A_1A_2A_3 / A_1A_2a_3 / A_1a_2A_3 / A_1a_2a_3 / a_1A_2A_3 a_1A_2a_3 / a_1a_2A_3 / a_1a_2a_3$

F

♂ \ ♀	$a_1 a_2 a_3$	Рост
$A_1 A_2 A_3$	$A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3$	165 см
$A_1 A_2 a_3$	$A_1 a_1 A_2 a_2 a_3 a_3$	160 см
$A_1 a_2 A_3$	$A_1 a_1 a_2 a_2 A_3 a_3$	160 см
$A_1 a_2 a_3$	$A_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3$	155 см
$a_1 A_2 A_3$	$A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3$	160 см
$a_1 A_2 a_3$	$a_1 a_1 A_2 a_2 a_3 a_3$	155 см
$a_1 a_2 A_3$	$a_1 a_1 a_2 a_2 A_3 a_3$	155 см
$a_1 a_2 a_3$	$a_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3$	150 см

Ответ: а) $A_1a_1A_2a_2A_3a_3 = 165 \text{ см}$

б) 165 см: $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$

160 см: $A_1a_1A_2a_2a_3a_3, A_1a_1a_2a_2A_3a_3, A_1a_1A_2a_2A_3a_3$

155 см: $A_1a_1a_2a_2a_3a_3, a_1a_1A_2a_2a_3a_3, a_1a_1a_2a_2A_3a_3$

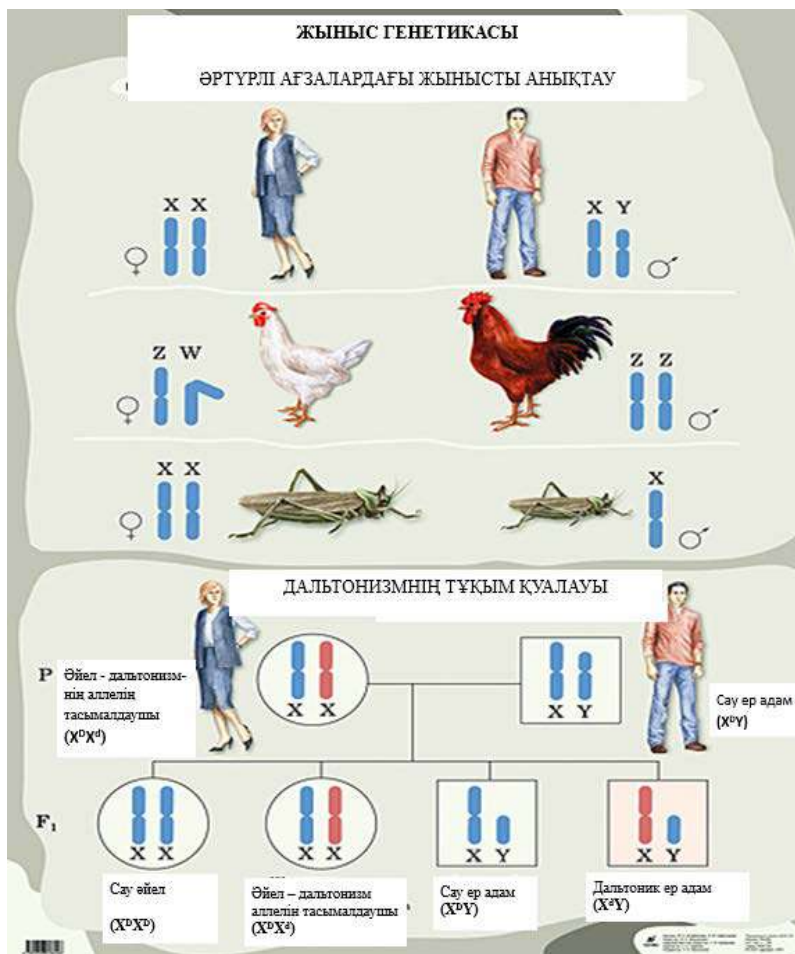
150 см: $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$

Бақылау сұрақтары

1. Гендердің өзара әсерлесуі тақырыбына есептер шығару үшін қандай ережелерді білу қажет?
2. Комплементарлық өзара гендердің әсер етуі кезіндегі ажырауларды дәлелдеңіз.
3. Дара және екі еселенген дара рецессивті эпистаздың айырмашылықтары қандай?
4. Доминатты эпистаздағы ажырауларды дәлелдеңіз.
5. Куммулятивті және куммулятивті емес полимериялардың бір бірінен айырмашылықтары қандай?

IV. ЖЫНЫСПЕН ТІРКЕСКЕН БЕЛГІЛЕРДІҢ ТҰҚЫМ ҚУАЛАУЫ

Жыныспен тіркескен белгілер дегеніміз - жыныс хромосомаларында (X, Y) орналасқан гендер шығаратын белгілер (Сурет-8).

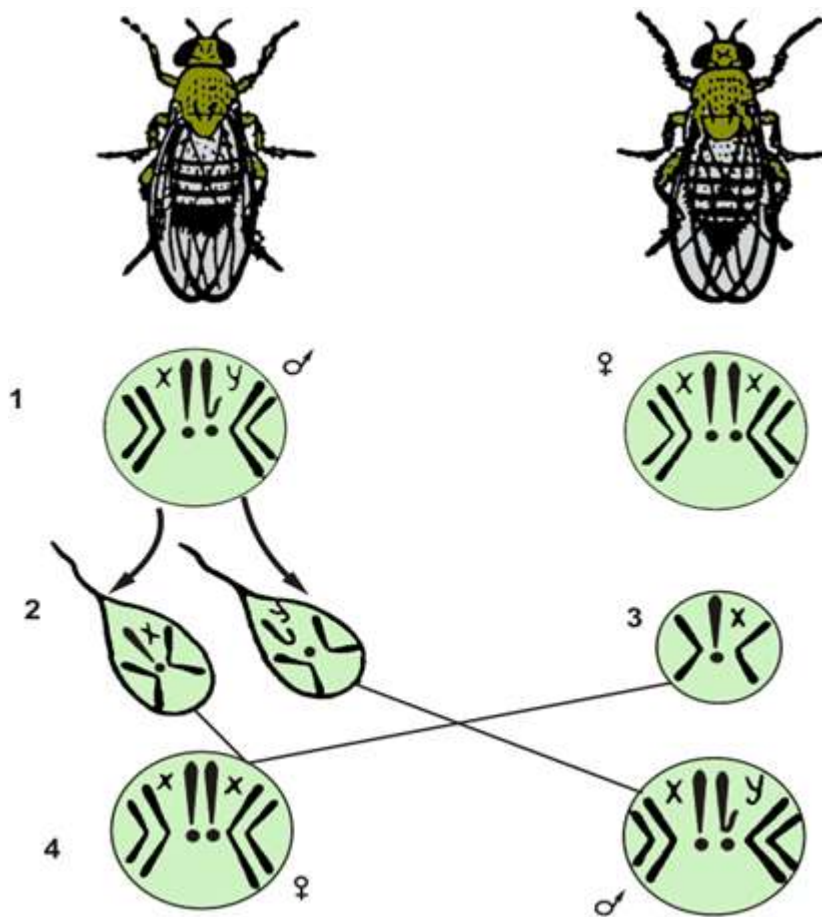


Сурет 8. Өртүрлі ағзалардағы жыныстың анықталуы

Егер белгіні шығаратын ген Y хромосомада орналасса, онда тұқым қуалау кезінде бұл белгі тек қана ер адамдарға беріледі. Егер ген X хромосомамен тіркессе, онда ол әкесінен қыздарына, ал шешесінен қызы мен ұлына бірдей шамада беріледі. Егер рецессивті ген X – хромосомамен тіркессе, онда ол әйелде тек қана гомозиготалы түрде көрінеді. Ер адамда екінші X - хромосома болмайтындықтан, мұндай ген әрқашанда көрініп отырады.

Аталық және аналық жыныстардың айырмашылығын көрсететін хромосомалар-жыныс хромосомалары деп, көрсетпейтіндерді - аутосомалар деп аталады.

Жыныс хромосомалары жағынан бірдей гаметалар түзетін жыныс - гомогаметалы (XX) деп, ал екі түрлі гамета түзетіні - гетерогаметалы (XY) деп аталады (сурет 9). Осы сызбанұсқадан көргеніміздей X және Y хромосомалары бар сперматозоидтардың 1:1 түзілуі ұрпағындада 1:1 ажырауын қамтамасыз етеді.



Сурет 9. Дрозофиладағы жынысты анықтаудың сызба-нұсқасы
Хромосомалық жиынтықтар: 1-сомалық жасушалардағы; 2- спермотозоидтардағы; 3- жұмыртқа жасушаларындағы; 4-ұрпақтардағы

Есептер

64*. Құстарда R факторының рецессивті гені жыныспен тіркескен және өлімге душар етеді (гомозиготалылары жұмыртқаның ішінде өліп қалады). Екі түрлі топтың құстары будандастырылған. Құстарда аналық жыныс – гетерогаметалы, аталық жыныс – гомогаметалы болады.

А тобының қоразын бірнеше тауықтармен будандастырған кезде алынған 210 балапанның жартысы аталық, жартысы аналық жынысты болып шықты. Ал Б тобының қоразын осы тауықтармен шағылыстырғанда шыққан 210 балапанның 70-і аналық жынысты болды. Тауықтар мен қораздардың генотиптерін анықта.

65. Адамда түсті дұрыс ажырата алмаушылық (дальтонизм) X - хромосомада орналасқан рецессивті генмен анықталады.

Әкесі дальтоник, бірақ өзі сау қыз, әкесі түсті дұрыс ажырата алмайтын, алайда өзі қалыпты көретін жігітке тұрмысқа шыққан. Осы некеден дүниеге келетін балалардың көздерінің көруі қандай болмақ?

66.* Адамда шаштың ерте түсіп қалуы 8 (таздық) еркектерде доминантты, әйелдерде рецессивті жыныспен тіркескен белгі ретінде тұқым қуалайды.

Қара көзді, шашы қалыпты, оңқай жігіт, қара көзді, солақай, шашы қалыпты қызға үйленген. Бұл некеден 2 бала дүниеге келеді: шашы таз, қара көзді, оңқай ұл, шашы сау, қара көзді, солақай ұл, шашы қалыпты, көк көз, оңқай қыз. Барлық адамдардың генотипін анықта.

67. Гемофилияның (қанның ұйымауы) рецессивті гені X-хромосомада орналасқан. Сау жігітке тұрмысқа шыққан қыздың әкесі гемофилиямен ауырады да, ал шешесі бұлаурудан мүлдем таза жанұядан шыққан.

Осы некеден өмірге келетін олардың болашақ ұлдары, қыздары, екі жыныс бойынша немерелері туралы не айтуға болады (егер қыздары мен ұлдары бойында гемофилияның гені бар адамдармен некелеспейді десек)?

68. Адамда тер бездерінің болмауы Х хромосомамен тіркесіп тұқым қуалайтын рецессивті белгі. Дені сау жігіт, әкесінде тер бездері жоқ, ал шешесінің өзі, оның ата-тектері де сау болған, қызға үйленген. Осы некеден дүниеге келетін ұл мен қыздың аталған аурумен ауруының кездесу мүмкіндігі қандай болмақ? Егер ұлдарының әйелдері мен қыздарының күйеулері сау болса, екі жыныс бойынша өмірге келетін немерелердің тағдыры туралы қандай болжам күтуге болады?

69. Тауықтарда қауырсынның ақ және ала түстерін шығаратын ген Х - хромосомамен тіркескен. Ала түс ақ түстіге басымдық көрсетеді. Тауықтарда аналық жыныс гетерогаметалы.

а) Тауық фермасында ақ тауықтарды ала қораздармен будандастыру нәтижесінде тауық және этеш балапандардың бәрі де ала түсті болып шықты. Одан әрі F₁ будандарын өзара шағылыстырып 597 ала этеш және 601 ала және ақ тауық балапандар алынды. Ата-ана, бірінші және екінші ұрпақ генотиптерін анықта.

б) Ала қоразбен ақ тауықтардың будандасуынан 20 ала қораз және тауық балапан және 18 ақ қораз және тауық балапандар алынды. Ата-ана мен ұрпақтың генотиптерін анықта.

70. Мысықтарда "үш түрлі қылшықтысы" тек қана ұрғашылары екендігі белгілі. Мұндай болу себебі, қара және жирен түсті қылшықты шығаратын гендер аллельді және Х-хромосомада орналасқан бірақ бұлардың біреуі доминанттық көрсете алмайды. Егер осы қара және жирен түстердің гендері үйлессе, онда "үшқылшықты" особьтар дүниеге келеді екен.

а) Егер "үшқылшықты" аналықпен қара аталығы будандасса, ұрпақта үшқылшықты особьтардың туу мүмкіндігі қандай болмақ?

б) қара аталық пен жирен аналықтың будандасуынан қандай ұрпақ күтуге болады?

71. Гипертрихоз (құлақтың ішіне шаштың өсуі) Y хромосома арқылы тұқым қуалайтын белгі. Егер әкесінің гипертрихозы болса, осы отбасында дүниеге келетін баланың қайсысында гипертрихоз болады және олардың туу мүмкіндігі қанша болмақ?

72. Әкесінің көзі түсті ажырата алмайтын (дальтоник) және көзінің түсі көк, ал өзі қалыпты көретін, қара көзді әйел қалыпты көретін көк көзді жігітке тұрмысқа шыққан.

Егер қара көзді шығаратын ген аутосомды доминантты белгі, ал түсті ажырата алмаудың гені рецессивті, Х - хромосомаға тіркескен деп берілген болса, осы жанұяның отбасында қандай балалар дүниеге келмек?

73. Адамда тістің кіреукесінің қараюы 2 түрлі доминантты гендермен тұқым қуалайды. Ол гендердің біреуі аутосомада, екіншісі Х хромосомада орналасқан. Екеуінің де тістері қарайған зайыптардың отбасында дүниеге келген ұл мен қыздың тістері сау болған. Егер шешесіндегі тістің қараюы Х хромосомаға тіркескен ген арқылы, ал әкесінің қара тістерін аутосомды ген гетерозиготалы түрде берсе, осы отбасында болашақта дүниеге келетін сау баланың туу мүмкіндігін анықта.

74*. Адамда дальтонизмді Х хромосомаға тіркескен рецессивті ген шығарады. Қан аздылықтың бір түрі - талассемия - доминантты аутосомды белгі ретінде тұқым қуалап, екі түрлі жағдайда көрінеді: гомозиготалыларында ауыр өлім әкелсе, гетерозиготалыларда жеңілдеу өтеді. Көзі қалыпты көретін, алайда талассемияның жеңіл түрімен ауыратын әйел, талассемиядан сау, бірақ дальтоник еркекпен некелесіп, өмірге талассемияның жеңіл түрімен ауыратын, дальтоник ұл әкелді.

Болашақта өмірге келуі мүмкін ұлдың сау болып тууының пайызы қандай?

75. Адамда гемофилия Х хромосомаға тіркесіп тұқым қуалайтын рецессивті белгі. Альбинизмді (пигменттердің болмауы) аутосомды рецессивті ген шығарады. Осы екі белгі бойынша сау отбасында екі аурудың да белгісі бар ұл дүниеге келді.

Болашақта осы жанұяда өмірге келетін екінші ұлдың да аталған екі аурумен бір мезгілде ауыруының мүмкіндігі қандай?

76. Дальтоник әрі саңырау еркек, көзі сау, қалыпты еститін әйелге үйленген. Бұл отбасында саңырау әрі дальтоник ұл және қалыпты еститін, бірақ дальтоник қыз дүниеге келді. Егер дальтонизм Х- хромосомаға тіркескен, ал саңыраулық аутосомалық рецессивті белгілер ретінде тұқым қуалайтын болса, осы отбасында екі аурудың да белгісі бар қыздың өмірге келуінің мүмкіндігінің шамасын анықта.

77*. Гипертрихоз 17 жасқа жақындағанда шығатын, Y хромосомаға тіркескен белгі. Ихтиоздың (терінің қабыршақтануы және таңбаланып қалыңдауы) бір түрі Х - хромосомаға

тіркесіп тұқым қуалайтын рецессивті белгі. Екі белгі бойынша сау әйелмен тек қана гипертрихозы бар еркектің некесінен ихтиоздың белгісі бар ұл өмірге келді.

а) Осы ұлда гипертрихоздың көріну мүмкіндігі қандай болмақ?

б) Осы отбасында таза сау баланың дүниеге келуі мүмкін бе? Егер дүниеге келсе онда олардың жыныстары қандай болады?

78. Пигментті ретинит (болашақта толық соқырлыққа алып келетін, түнде көрмейтін соқырлықтың түрі) үш түрлі жолмен берілуі мүмкін: аутосомды доминантты, аутосомды рецессивті және X - хромосомаға тіркескен рецессивті белгі.

Егер шешесі пигментті ретинитпен ауырып және аталған гендердің үш жұбы бойынша гетерозиготалы, ал әкесі сау және үш ген бойынша да қалыпты болса, осы отбасында өмірге келетін ауру балалардың туылу мүмкіндігін анықта.

79*. I қан тобы бар Rh-оң әйел IV қан тобы бар Rh-терісер адамға тұрмысқа шығады. Әйел резус-оң аллельдері бойынша гомозиготалы екені белгілі. Бұл отбасында IV қан тобы бар резус-оң баланың туылу ықтималдығы қандай?

Есептерді шығару жолдары

64*. Алдымен берілгенін жазамыз. R генінің x - хромосомаға тіркескенін және рецессивтісі өлімге душар ететінін көрсетеміз: XR - өмір; Xr - өлім.

Тауықтарда аналық особь гетерогаметалы екенін ескеріп ата-анасын және ұрпағын жазамыз:

$$\text{A) } P \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \text{F} \text{ } 210 = 105 \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } + \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$$

$$\text{B) } P \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \text{F} \text{ } 210 = \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } 70 \text{ } + \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } 140$$

Ата-аналарының генотиптерін анықтау керек. Есепті шығаруға көшелік. Будандастыру схемасын құрамыз: P $\underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$. Ата-ананың генотипі ұрпағына қарап анықтаймыз: F105 $\underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$.

Аналық особь жынысы бойынша гетерогаметалы, сондықтан екі түрлі гамета, аталығы жынысы бойынша гомогаметалы, генотипі - доминантты белгісі бойынша гомозиготалы, сондықтан бір типті гамета береді. Гаметаларды үйлестіріп алынған ұрпаққа талдау жасаймыз. Енді B тобының будандастыру схемасын құрамыз. Аталығының генотипін анықтауымыз керек. Ол үшін ұрпаққа талдау жүргіземіз. Ұрпақтардың санын 140 пен 70-ті 70-ке қысқартып, 2:1 ажырауын аламыз. Ұрпақ санының үшеу болуы, біреуі эмбриональды сатысында өліп қалған. Сол өлген тауық балапанның генотипін жазып, аталығының генотипін анықтаймыз: P $\underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$.

Аналығы жынысы бойынша гетерогаметалы, сондықтан 2 түрлі, ал аталығы генотипі бойынша гетерозиготалы болғандықтан 2 типті гамета береді. Пеннет торын толтырып, ұрпаққа талдау жүргіземіз. Өліп қалған тауық балапандарды аяқтап сызып тастаймыз. Нәтижесінде 2 аталық, 1 аналық балапандар алынды. Бұл генотипті дұрыс анықтағанның дәлелі. Енді есепті жазалық:

Берілгені:

X^R – өмір

X^r – өлім

A) P $\overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$

F 210 = 105 $\underset{\text{X}}{\text{Y}}$ + 105 $\overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$

B) P $\overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$

Табу керек:

P - ?

Шешуі:

A) P $\underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$

G X^R Y X^R

F 1 $\underset{\text{X}}{\text{Y}}$: 1 $\overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$

P $\underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$, F210 = 70 $\underset{\text{X}}{\text{Y}}$ + 140 $\overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$

B) P $\underset{\text{X}}{\text{Y}} \text{ } \times \text{ } \overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$

F 210 = $\underset{\text{X}}{\text{Y}}$ 70 + $\overset{XR}{\text{X}} \text{ } \underset{\text{X}}{\text{Y}}$ 140

(70 $\underset{\text{X}}{\text{Y}}$ өлім)

F₂

$\overset{\text{X}}{\text{Y}}$	XR	Xr
$\underset{\text{X}}{\text{Y}}$	X ^R	$\frac{XR}{Xr}$ $\underset{\text{X}}{\text{Y}}$

	$X^R \text{♀}$	
Y	X^R Y ♂	X^r $Y \text{♂}$

2♂ тірі: 1♀ тірі: 1♀ өлген

Жауабы: А) $P \text{♀} X^R Y \text{♂} X^R X^R$
 Б) $P \text{♀} X^R Y \text{♂} X^R X^r$

66*. Берілгенін жазалық. Гендердің әсер етуін жазуымыз керек. Адам популяциясында қара көзділік пен оңқайлық аутосомды доминантты белгілер болып табылады. Ал шаштың ерте түсуі еркектерде доминанты, әйелде - рецессивті жыныспен тіркескен белгі, яғни гендердің әсер етуі былай жазылады: $\text{♂} X^S$ - таз, X^s - шаштың қалыпты өсуі, $\text{♀} X^S X^s$ - шашты, $X^s X^s$ - таз; А - қара көз, а - көк көз; В - оңқай; в - солақай.

Енді үйленген ата- анамен $P \text{♂} X^s Y A-B- \text{♀} X^S X^s A- bb$ ұрпақтарының $F \text{♂} X^s Y A-B; \text{♀} X^S X^s aa B-$; $\text{♂} X^s Y A- bb$ берілгенін жазамыз. Барлық адамдардың генотиптерін анықтау керек.

Шешуіне будандастыру схемасын құрып, ата-анасымен ұрпақтарды түгел көшіреміз. Ата-ананың генотипін ұрпағына қарап анықтаймыз. Ұрпақта рецессивті белгі болғандықтан, ата-ананың екеуінде де рецессивті ген болады. Яғни, ата-ана генотипі былай болғандағысы: $P \text{♀} X^S X^s Aabb \times \text{♂} X^s Y AaBb$. Ал ұрпақты ата-анасына қарап анықтаймыз. Ұрпақ қашанда бір генді әкесінен, екіншісін шешесінен алады. Сондықтан, олардың генотиптері келесідей болады $P \text{♂} X^s \frac{A}{A(a)} \frac{B}{b}; \text{♀} X^S \frac{a}{a} \frac{B}{b} \text{♂} X^s \frac{A}{A(a)} \frac{b}{b}$

Берілгені:

$\text{♂} X^S$ - таздық, X^s - шаштың қалыпты өсуі
 $\text{♀} X^S$ - шаш, X^s - таз
 А - қара көзділік
 а - көк көзділік
 В - оңқай
 в - солақай
 $P \text{♂} X^s Y A-B- \text{♀} X^S X^s A- bb$
 $F \text{♂} X^s Y A-B; \text{♀} X^S X^s aa B-; \text{♂} X^s Y A- bb$

Табу керк:

Генотиптері - ?

Шешуі:

$P \text{♂} X^s Y A-B- \text{♀} X^S X^s A- bb$
 $F \text{♂} X^s Y A-B; \text{♀} X^S X^s aa B-; \text{♂} X^s Y A- bb$
 $P \text{♀} X^S X^s Aabb \times \text{♂} X^s Y AaBb$.
 $F \text{♂} X^s Y AA(a)Bb; \text{♀} X^S X^s aa Bb, \text{♂} X^s Y AA(a) bb$.

Жауабы: $P \text{♀} X^S X^s Aa bb \text{♂} X^s Y AaBb; F \text{♂} X^s Y AA(a)Bb; \text{♀} X^S X^s aa Bb, \text{♂} X^s Y AA(a) bb$.

74*. Берілгенін жазамыз: ХА - сау; Ха - дальтонизм, В - талассемия, в - сау.

$\frac{B}{B}$ - өлім, $\frac{B}{b}$ - жеңіл талассемия.

$P \text{♀} X^A X^a Bb \text{♂} X^a Y Bb$

Болашақта өмірге келетін ұлдың $F \text{♂} X^A Y Bb$ (%) -сау болып туылу мүмкіндігін табу керек. Есептің шешуіне көшелік. Будандастыру схемасын құрып, ұрпағына қарап ата-анасының генотипін анықтаймыз: $P \text{♀} X^A X^a Bb \times \text{♂} X^a Y Bb$

Аналық жынысы бойынша гомогаметалы, ал генотипі - дигетерозиготалы, сондықтан 4 түрлі гамета, әкесінің жынысы - гетерогаметалы, сондықтан 2 түрлі гамета береді. Пеннет торын толтырамыз. Барлығы 8 ұрпақ шықты оның 4 - ұл, 4 - қыз. Шыққан барлық ұрпақ ішінен сау ұлдың дүниеге келуі мүмкіндігін есептеген кезде $F \text{♂} X^a \frac{B}{b} - 12,5\%$. Ал тек ұлдарын ғана бөлек есептесек, онда - 25%. Сонымен есепті шығарып болдық, енді өрнектеуге көшелік.

Берілгені:

X^A - сау
 X^a - дальтонизм
 В - талассемия

Шешуі:

$P \text{♀} X^A X^a Bb \times \text{♂} X^a Y Bb$
 $F \text{♂} X^a Y Bb$

В - сау
 $\frac{B}{B}$ - өлім;
 $\frac{B}{b}$ - жеңіл талассемия
 $\frac{b}{b}$
P ♀ X^AX - ВВ ♂ X^aY^{ВВ}
F ♂ X^aY^{ВВ}

Табу керек:
F ♂ X^aY^{ВВ} (%) - ?

		F	
	♂	X ^a B	Y ^B
♀	$\frac{X^A B}{X^a b}$	$\frac{X^A B}{X^a b}$	X ^A Y ^{ВВ}
	$\frac{X^A b}{X^a b}$	$\frac{X^A b}{X^a b}$	X ^A Y ^{ВВ} здор.
	$\frac{X^a B}{X^a b}$	$\frac{X^a B}{X^a b}$	X ^a Y ^{ВВ}
	$\frac{X^a b}{X^a b}$	$\frac{X^a b}{X^a b}$	X ^a Y ^{ВВ}

8-100% x = 100/8 = 12,5 %
1 - x; F ♂ X^aY^{ВВ} 12,5 %
4 - 100% x = 100/4 = 25% ♂
1 - x F ♂ X^aY^{ВВ}

Жауабы: 8-100% x = 100/8 = 12,5 %
1 - x; F ♂ X^aY^{ВВ} 12,5 %
4 - 100% x = 100/4 = 25% ♂
1 - x F ♂ X^aY^{ВВ}

77* Берілгенін жазамыз. Есептің шартында гипертрихоз Y хромосомасына тіркескен деп жазылған: Y^Z гипертрихоз. Ихтиоз-X^B-хромосомамен тіркескен: X^B-сау, X^b-ихтиоз. Бұданасу сызбасын жазамыз: P ♀ X^BX - и ♂ X^BY^Z Отбасында ихтиоз белгілері бар ұл туады F ♂ X^bY^Z. Бұл бала гипертрихозға ұшырайды, өйткені ол Y хромосомасымен тіркескен. Сондай-ақ, бұл отбасында екі аномалиясыз балалардың туылу ықтималдығын және олардың жынысы қандай болатынын анықтау керек.

Берілгені:
 $\frac{XB}{Xb}$ - сау
 $\frac{XB}{Xb}$ - ихтиоз
P ♀ X^BX - ♂ X^BY^Z
F ♂ X^bY^Z

Табу керек:
F ♂ X^aY^{ВВ} (%) - ?

Шешуі:
P ♀ X^BX^B x ♂ X^BY^Z
F ♂ X^bY^Z

	♂	$\frac{XB}{Xb}$	Y ^Z
♀	$\frac{XB}{Xb}$	$\frac{XB}{Xb}$	XB Y ^Z гип.
	$\frac{XB}{Xb}$	$\frac{XB}{Xb}$	XB Y ^Z Гип., ихт.
		сау	
		сау	

4 - 100 %
2 - x
x = 100 / 2 = 50% ;
F ♀ $\frac{XB}{Xb}$ = 25% ♀ $\frac{XB}{Xb}$ 25%

Жауабы: 1) Дүниеге келген ұл балада гипертрихоздың көріну пайызы 100%, себебі ол бұл ауруды Y – хромосома арқылы әкесінен тұқым қуалап алады.

2) Осы отбасында таза сау баланың дүниеге келу мүмкіндігі 50% және олар жынысы бойынша тек қана қыз балалар. $F_{\frac{XB}{XB}} \times \frac{xB}{xB}$
 Екінші қыз бала фенотипі бойынша сау, алайда оның генотипінде ихтиоздың гені жасырын түрде сақталады.

79*. Адамдарда "резус оң" гені "резус теріс" геніне қатысты басым болады. Rh (+) - резус оң; Rh (-) - резус теріс. Адамда қан тобының тұқым қуалауына үш ген жауап береді: **IO** - I-ші қан тобының гені; **IA** - II-ші қан тобының гені; **IB** - III-ші қан тобының гені. Адам генотипінде аллельдердің екі **IA** және **IB** түрінің болуы IV-ші қан тобына жауап береді, **IO** аллелі **IA** және **IB**-ге қатысты рецессивті. Адамдардағы қан тобының мүмкін генотиптері:

- IOIO - I-ші қан тобы;
- IAIO - II-ші қан тобы;
- IAIA - II-ші қан тобы;
- IBIO - III-ші қан тобы;
- IBIB - III-ші қан тобы;
- IAIB - IV-ші қан тобы.

Әйел I қан тобымен резусы-оң және әйелдің резус-оң аллелінің гомозиготалы екендігі белгілі болғандықтан, оның генотипі келесідей болады: **IOIORh(+)**Rh(+). IV қан тобы бар резус-теріс ер адамда генотип келесідей болады: **IAIBrh(-)**rh(-)

Будандасу сызбасы:

P: IOIORh(+)**Rh(+)** x IAIBrh(-)rh(-)

G: IO**Rh(+)** IA**rh(-)**; IB**rh(-)**

F₁: IAIO**Rh(+)**rh(-) - 50%; IBIO**Rh(+)**rh(-) - 50%.

Генотиптің 2 түрі байқалады. Генотип бойынша ажырау - 1 : 1.

Фенотип:

IAIO**Rh(+)**rh(-) - II қан тобымен Rh оң - 50%;

IBIO**Rh(+)**rh(-) III қан тобымен Rh оң - 50%.

Фенотиптің 2 түрі байқалады. Фенотип бойынша ажырау -1 : 1.

Берілгені:

Rh (+) – резусы-оң

Rh (-) – резус теріс.

P ♀ IO⁰Rh(+)**Rh(+)**

♂ IA^Brh(-)rh(-)

Табу керек:

бұл отбасындағы IV қан тобы бар резус-оң баланың туылу ықтималдығы?

Шешуі:

P: IO⁰Rh(+)**Rh(+)** x IA^Brh(-)rh(-)

G: IO⁰Rh(+)**rh(-)**; IO⁰rh(-)

F: IA⁰Rh(+)**rh(-)** резус – оң , қан тобы II - 50%;

IA^BRh(+)**rh(-)** резусы оң, қан тобы III - 50%.

Генотип бойынша ажырау – 1 : 1.

Жауабы:

- 1) бұл отбасында қанның II тобы бар резус-оң баланың және қанның III тобы бар резус-оң баланың туылуы ықтималдылығы бірдей - 50%;;
- 2) осы отбасында IV қан тобы бар резус-оң баланың туылу ықтималдығы 0,00% құрайды.

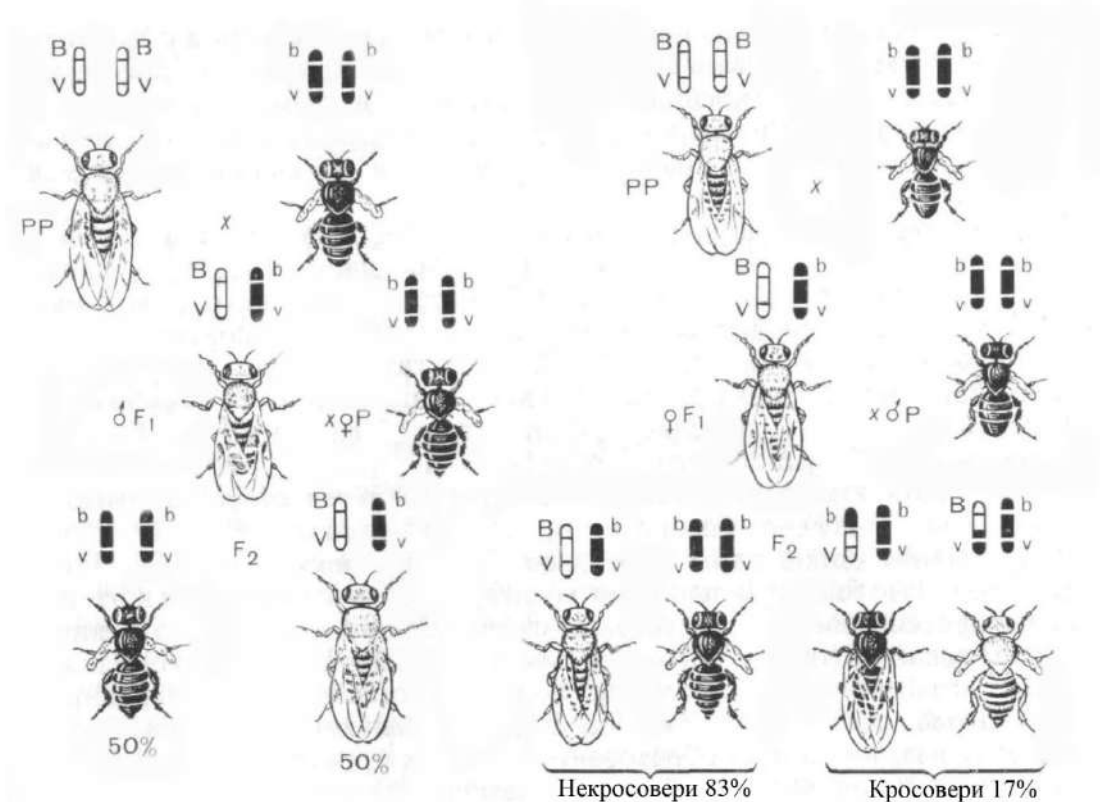
Бақылау сұрақтары

1. Жыныспен тіркескен белгілер деп қандай белгілерді айтады?
2. Крисс- кросс немесе қым- қиғаш тұқым қуалау дегенді қалай түсінесіз?
3. Гомо- және гетерогаметалы жыныстардың айырмашылықтарын түсіндіріңіз.
4. Жынысты анықтаудың хромосомалық теориясы мен баланстық теориясына сипаттама беріңіз.
5. Аутосомалық белгілер деп қандай белгілерді айтады?

V. ГЕНДЕРДІҢ ТІРКЕСУІ ЖӘНЕ КРОССИНГОВЕР

Г.Мендельдің 3-ші заңы - белгілердің тәуелсіз тұқым қуалау заңы - егер белгілерді шығаратын гендер гомологты емес хромосомаларда орналасса ғана жүзеге асады. Тіршілікте белгілердің шексіз көп екені белгілі, ал хромосома саны шектеулі болады. Сондықтан да бір хромосомада бірнеше, көптеген гендер орналасуы мүмкін. Мұндай бір хромосомада орналасқан гендер, мейоздағы хромосомалардың әрекетіне сай, бірге тұқым қуалауға тиісті. Егер гендер бір хромосомада орналасса онда тіркесіп тұқым қуалайды. Мұндай гендердің тіркесіп тұқым қуалауы Т.Морганның ашқан заңдарының негізін қалады.

Құрамында гендері бар гомологты хромосомалардың ұқсас үлескілері арқылы алмасу үдерісі хромосомалардың айқасуы немесе *кроссинговер* деп аталады. Кроссинговер гомологты хромосомалардағы гендердің жаңа үйлесімін қамтамасыз етеді. Кроссинговер құбылысы дрозофилада ашылған болатын (Сурет 10).



Сурет 10. Дрозофиладағы тіркесу. Кроссоверлі емес 83% Кроссоверлі 17%

Алайда гендер үнемі тіркеспеуі де мүмкін. Мейоз кезеңінде гомологиялық хромосомалар ұқсас бөлімшелерімен алмасады, нәтижесінде кроссинговер процесі жүреді. Кроссинговер комбинативтік өзгергіштіктің көзі болып табылады. Бір хромосомада орналасып тіркесіп тұқым қуалайтын гендер, тіркесу тобын құрады. Қандай да болмасын түрдің тіркесу тобының саны хромосомалардың гаплоидты (тақ) жиынтығына тең болады. Әр геннің хромосомада өзінің орны - локусы болады.

Т.Морган гендер хромосомада бір ізді орналасады, ал кроссинговердің жиілігі олардың ара қашықтығына байланысты екендігін анықтады. Егер гендер хромосомада бір-біріне жақын орналасса кроссинговер сирек, ал алыс орналасса жиі өтеді. Кроссинговер немесе айқасудың пайызы гендердің ара қашықтығы мен олардың хромосомада сызық бойына орналасуының функциясы болып есептелетіндігін көрсетеді, яғни гендер арасындағы кроссинговер жиілігі хромосомадағы оларды бөліп тұратын ара қашықтыққа тура пропорционалды және осы мәліметтердің негізінде хромосомалардың *генетикалық картасын* жасауға болады. Генетикалық карта деп бір тіркесу тобында болатын гендердің орналасу сызбажобасын айтады. Гендердің ара қашықтығы морганидпен өлшенеді. Бір морганидке белгілердің алшақтауының бір пайызы сәйкес келеді. Генетикалық картада міндетті түрде тіркесу топтары, гендердің толық немесе

қысқартылған атаулары, хромосоманың бір жақ шетінен басталатын морганидамен белгіленетін ара қашықтық көрсетіледі (Сурет 11).

Алмасудың мөлшері және гендердің хромосомада тізбектеле орналасуы

Рекомбинацияға ұшыраған дарабастарды және олардың жалпы санын ескере отырып, кроссинговер (айқасу) жиілігін мына формуламен есептеп шығаруға болады:

$$\text{Кроссинговер жиілігі (\%)} = \frac{x}{y} * 100 \quad (2)$$

Мұндағы Х- рекомбинацияға ұшыраған дарабастар саны; Y-дарабастардың жалпы саны. Мысалы, F₁ ұрпағында алынған шыбындарды гомозиготалы қос рецессивтілермен квейра будандастырғанда мынандай нәтижелер алынған:

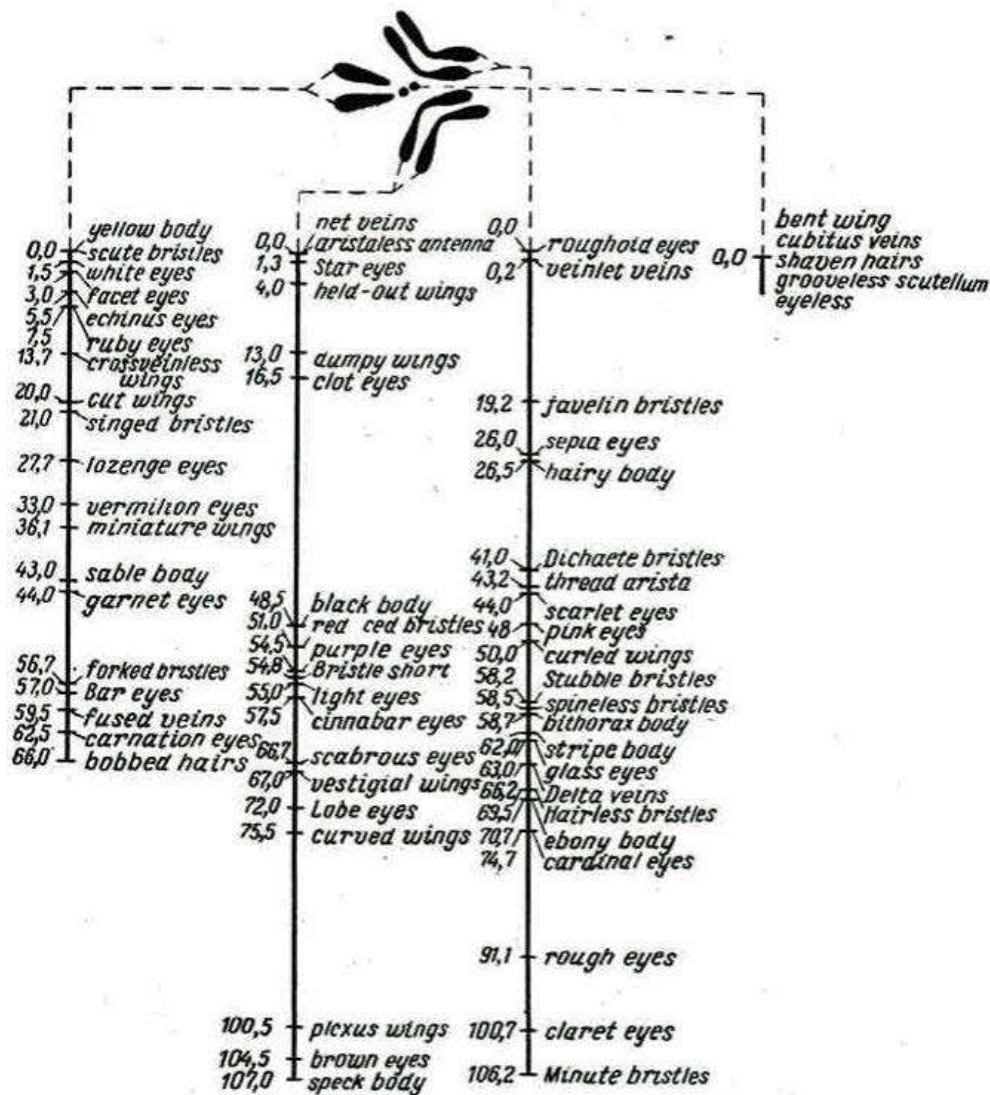
Ата-аналық фенотипті:

Сұр денелі, қанаты қалыпты (b ⁺ vg ⁺)	-965
Қара денелі, қанатты жетілмеген (bvg)	-944

Рекомбинатты фенотипті:

Қара денелі, қанаты қалыпты (bvg ⁺)	-206
Сұр денелі, қанаты жетілмеген (b ⁺ vg)	-185

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



Сурет 11. Дрозофила хромосомаларының генетикалық картасы

Есептер

80.* Гүлдің күлтесінің түсі екі жұп гендердің әсер етуі арқылы анықталады. Екі доминантты ген бірге қызыл түсті, рецессивті гендер - ақ түсті шығарады. Қызыл түсті іріктеме ақ түстісімен будандастырылған және соңынан талдаушы будандастыру жүргізілген. Нәтижесінде 2264 ақ гүлді, 1651 қызыл гүлді будандар пайда болған. Екінші жағдайда екі түрлі ақ гүлді іріктемелер будандастырылған. Соңынан талдаушы будандастыру жүргізген кезде, нәтижесінде, 2274 ақ гүлді және 162 қызыл гүлді өсімдіктер алынды. Кроссинговердің шамасын анықта.

81.* А, В және Д гендері бір хромосомада осы тәртіппен орналасқан. А және В гендерінің арасындағы айқасу (кроссинговер) шамасы 20%, В және Д гендерінің арасы - 10 %. АВД гендері бойынша гомозиготалы особь, авд - бойынша гомозиготалы особьпен будандасқан. F₁- де қандай гаметалар

түзіледі? $\frac{авд}{авд}$ және $\frac{+++}{+++}$ линиярынан Д линиясын қалай алуға болады?

Будандастыру схемасын жаз.

82. а және в гендері 20 бірлік қатынасында (пайызында) II хромосомада, д және е гендері VI хромосомада 40 бірлік қатынасында орналасқан. А,В,Д,Е аллельдері бойынша гомозиготалы особь, осы гендер бойынша рецессивтісімен будандастырылған.

Осы тетрагизота қанша түрлі гамета және қандай қарым-қатынаста түзетінін анықта.

83*. Боялған (D), бұдырлы (S), қатты (W) эндоспермі бар өсімдік боялмаған (d), тегіс (s), жұмсақ (w) эндоспермді өсімдікпен будандастырылған. Алынған F₁ буданы боялмаған тегіс жұмсақ эндоспермді особьпен одан әрі будандастырылады.

Ұрпаққа талдау жүргізе отырып, хромосоманың картасын жаса және мұндағы мүшелердің бір-бірінен салыстырмалы орналасуын көрсет:

боялған, бұдырлы, жұмсақ - 601,

боялған, тегіс, қатты - 4,

боялмаған, тегіс, жұмсақ - 2708,

боялмаған, бұдырлы, қатты - 113,

боялмаған, тегіс, қатты - 626,

боялған, бұдырлы, қатты - 2538,

боялмаған, бұдырлы, жұмсақ -2,

боялған, тегіс, жұмсақ - 116.

84. Қызан өсімдігінің сабағының ұзын бойлысы ергежейлісіне, дөңгелек пішіндісі алмұрт тәрізді пішінге басымдық көрсетеді. Сабақтың биіктігі мен жемістің пішінін шығаратын гендер бір-біріне тіркескен және 20 морганид қашықтықта орналасқан. Екі белгі бойынша гетерозиготалы өсімдік ергежейлі, алмұрт пішінді жемісті өсімдікпен будандастырылған. Бұл будандасудан қандай нәтиже күтуге болады?

85.Классикалық гемофилия және дальтонизм X - хромосомаға тіркескен рецессивті белгілер ретінде тұқым қуалайды. Гендердің ара -қашықтығы 9,8 морганидке тең.

1. Әкесі дальтоник әрі гемофилик, бірақ шешесі бұл аурулар бойынша таза жанұядан шыққан қыз сау жігітке тұрмысқа шығады. Осы отбасында дүниеге келетін балалардың фенотиптерін анықта.

2. Шешесі дальтоник, әкесі гемофилик қыз осы екі ауру бойынша ауыратын жігітке күйеуге шыққан. Осы отбасында екі аурумен де ауыратын баланың туылу пайызын анықта.

86. Адамда резус-фактор мен эллиптоцитоздың гендері бір-бірінен үш морганид қашықтықта бір хромосомада орналасқан. Оң - резустық және эллиптоцитоз доминантты гендермен анықталады. Түңгі соқырлықпен дальтонизмнің гендері бір-бірінен 50 морганид қашықтықта X-хромосомада орналасқан. Екі белгі де рецессивті тұқым қуалайды.

1. Ата - тектерінде кроссинговер байқалмаған, үш белгі бойынша гетерозиготалы әйел, дальтоник әрі түңгі соқырлықпен ауыратын еркекке күйеуге шыққан. Ер адам екі аутосомды рецессивті гендер бойынша гомозиготалы. Осы отбасында дүниеге келетін балалардың фенотиптерін анықта.

2. Оң - резусты, эритроциттері қалыпты, көзі сау әйел теріс - резусты, эллиптоцитоз және түңгі соқырлықпен ауыратын ер адамға тұрмысқа шыққан. Әйелдің әкесі теріс - резусты әрі дальтоник, ал шешесі түсті дұрыс ажыратқанымен түңгі соқырлықпен ауырған. Ер адамның әкесі эллиптоцитоздан, шешесі түңгі соқырлықтан зардап шеккен. Осы отбасында тек теріс - резусты, аталған аурулардан сау балалардың өмірге келу мүмкіндігін анықта.

3. Барлық белгілері бойынша гетерозиготалы әйел жоғарыда айтылған белгілер бойынша сау теріс - резусты еркекпен отау құрған. Әйелдің әкесі теріс резусты, эллиптоцитозбен және түңгі соқырлықпен ауырған, алайда түсті дұрыс ажырата білген. Осы отбасында дүниеге келетін балалардың фенотиптерін анықта.

87. Өсімдіктің боялған гүлі бояусызына, жасыл түсі сары түстілігіне басымдық көрсетеді. Екі гетерозиготалы өсімдік рецессивті гомозиготалы формамен будандастырылып, нәтижесінде мынадай ұрпақ алынды:

Гүлдің түсі	Өсімдіктің түсі	1 - өсімдік	2 - өсімдік
Боялған	Жасыл	88	23
Боялған	Сары	12	170
Бояусыз	Жасыл	8	190
Бояусыз	Сары	92	17

Гетерозиготалы екі өсімдіктердің генотиптері қандай? Кроссинговердің шамасын анықта. Егер әр өсімдікті өздігінен тозандандырса және бір-бірімен өзара будандастырса қандай ұрпақ шығады?

88. Дрозофиланың талдаушы будандастыруының нәтижелері келтірілген. Гендердің орналасу ретін, олардың арасындағы қашықтықты, сондай-ақ гетерозиготалы ата-ананың генотипін анықтаңыз.

$ec\ cv^+ ct$ — 2125	$ec^+ cv\ ct$ — 223
$ec^+ cv^+ ct$ — 265	$ec^+ cv\ ct^+$ — 2207
$ec\ cv\ ct$ — 3	$ec\ cv^+ ct^+$ — 217
$ec\ cv\ ct^+$ — 273	$ec^+ cv^+ ct^+$ — 5

Гендік белгілер: ec^+ - қалыпты көз қырлары (фасетки), ec - үлкен және дөрекі; cv^+ - қанаттағы көлденең жолақтар, cv - жолақтары жоқ; ct^+ - қалыпты қанаттар, ct - қанаттардағы қиындылар.

89* Дрозофиланың аналығы үш мутация бойынша гетерозиготалы: барды көздер (*Var*), шала қанаттар (*miniature*) және қара дене (*ebony*). *Var* доминантты мутация болып табылады. Бұл аналықты қалыпты көздері, миниатюралық (шала) қанаттары және қара денесі бар аталықпен шағылыстырды. Шағылыстыру нәтижелері төменде көрсетілген:

- 111 *miniature*
- 29 жабайы түрі
- 117 *Var*
- 26 *Var, miniature*
- 101 *Var, ebony*
- 31 *Var, miniature, ebony*
- 35 *ebony*
- 115 *miniature, ebony*

Шағылыстыру нәтижелерін талдаңыз. Осы гендерді картаға түсіріп, тіркескен гендер арасындағы қашықтықты анықтаңыз.

90* Жынысқа тіркескен бес рецессивті дрозофила гені (ec , sc , v , cv және ct) сәйкесінше эхинус (*echinus*), skutеллум (*scute*), киновар (*vermilion*), қанаттардағы көлденең тарамдар (*crossveinless*) және айрық (*cut*) деп аталатын белгілерді тудырады. Эхинус (*echinus*), - үлкен қырлы көзді дөрекі мутант. Skutelлум (*scute*) дененің жеке аймақтарында қылшықтардың болмауымен немесе азаюымен көрінеді. Вермилион (*vermilion*) - көздің ашық сарғыш-қызыл түсі. Көлденең тарамдар (*crossveinless*) қанаттарындағы тірек құрылымдарының дамуына жол бермейді. Айрықтар (*cut*) дененің басқа бөліктерінде әртүрлі (плейотропты) әсерлері бар қырлы және үшкір қанаттардың түзілуіне алып келеді.

Тәжірибелеріміздің басында біз гендердің орналасу ретін білмедік. Келесі үш эксперименттің нәтижелері бойынша X хромосомасының осы үлескесінің генетикалық картасын жасаңыз. Мүмкіндігінше орташа өлшенген мәндерді қолданыңыз.

Эксперимент 1. Scute, crossveinless еркек даралармен будандасқан echinus аналықтары F₁-де барлығы да жабайы типтегі аналықтарды және барлығы да echinus аталықтарды берді. F₁ аналықтарымен талдаушы будандастыру жүргізген кезде төмендегідей нәтижелер (оның ішінде аталық та, аналық та жынысты ұрпақтар бар) алынды:

810 echinus
89 scute
828 scute, crossveinless
62 echinus, scute
88 crossveinless
103 echinus, crossveinless

Эксперимент 2. Echinus, cut аталықтар crossveinless аналықтармен будандасқан, F₁-дегі ұрпақтың аталықтары - crossveinless, ал барлық аналықтары - жабайы типтегі болып шықты. F₁ аналықтарымен талдаушы будандастыру жүргізгенде, төмендегідей нәтижелер (оның ішінде аталық та, аналық та жынысты ұрпақтар бар) берді:

2207 crossveinless
223 crossveinless, cut
2125 echinus, cut
217 echinus
273 echinus, crossveinless
5 wild type
265 cut
3 echinus, crossveinless, cut

Эксперимент 3. Cut аналықтарды vermilion, crossveinless аталықтармен шағылыстырғанда, F₁ –де cut еркектер мен барлығыда жабайы типтегі аналықтарды берді. F₁ аналықтарымен талдаушы будандастыру жүргізген кезде төмендегідей нәтижелер (оның ішінде аталық та, аналық та жынысты ұрпақтар бар) алынды:

766 vermilion, crossveinless
73 vermilion
759 cut
85 crossveinless, cut
140 vermilion, cut
2 wild type
158 crossveinless
2 vermilion, crossveinless, cut

91* Қызанақтың келесі жұп белгілері белгілі: жемісі дөңгелек (O) және жалпақ (o), түкті (P) және түксіз (p), гүлдері жалқы (S) және гүл шоғырына жиналған (s). Барлық үш ген екінші хромосомада орналасқан. Талдаушы будандастырудың нәтижелеріне сүйене отырып, гендердің орналасу ретін, олардың арасындағы қашықтықты және бастапқы гомозиготалы өсімдіктердің генотиптерін анықтаңыздар.

OPS — 73	oPS — 110
OPs — 348	oPs — 2
OpS — 2	opS — 306
Ops — 96	ops — 63

Есептерді шығару жолдары

80* Алдымен берілгенін жазамыз. Гендердің әсер етуі берілген: AB - қызыл, av- ақ. Ата-анасын және ұрпақтарды көрсетеміз:

1) P_♀ $\frac{AB}{AB} \times \frac{a\bar{e}}{a\bar{e}}$ F_T2264 ақ, 1651 AB, 2) P_♀ $\frac{A\bar{e}}{A\bar{e}} \times \frac{aB}{aB}$ F_T2274 ақ, 162 AB

Кроссинговердің шамасын анықтау керек. Есепті шығаруға көшеміз. Будандастыру схемасын жазамыз: P_♀ $\frac{AB}{AB} \times \frac{a\bar{e}}{a\bar{e}}$. Алынған F₁ $\frac{AB}{a\bar{e}}$ қызыл түсті. Талдаушы будандастыру жүргіземіз. P_♀ $\frac{AB}{aB} \times \frac{a\bar{e}}{a\bar{e}}$. Аналық особь 4 түрлі, аталығы бір түрлі гамета береді. Пеннет торын толтырамыз. Тордың ішіндегі қызыл түстісі - 1651, ақ гүлдісі - 2264. Кроссоверлі гаметалардан шыққан кроссоверлі ақ гүлді өсімдіктің санын табу үшін, F_T - дағы ажырауға сүйенеміз. Мұндағы ажырау 1 : 1 : 1 : 1 екендігі белгілі. Пеннет торындағы кроссоверлі емес қызыл гүлдің саны - 1651 ,

кроссоверлі емес ақ гүлдің санына тең болады, яғни ақ гүлділердің саны да 1651 екен. Барлық ақ гүлділердің санынан - 2264 -тен 1651-ді шегерсек, кроссоверлі ақ гүлділердің саны - 613 шығады.

Кроссинговердің шамасын мына формуламен анықтаймыз: $K\% = a/A \times 100\%$. А - талдаушы будандастырудың барлық ұрпағының саны, а - кроссоверлі особьтар саны. $K\% = 613 / 3915 \times 100\% \approx 15\%$.

Енді екінші бөліміне көшеміз: $P_{\text{♀}} \frac{Aa}{Aa} \times \text{♂} \frac{aB}{aB} F_1 \frac{Aa}{aB}$ қызыл түсті. Талдаушы будандастыру $P_{\text{♀}} \frac{Aa}{aB} \times \text{♂} \frac{aB}{aB}$ жүргізіп, алынған буданға талдау жасаймыз. F_1 - да кроссоверлі гаметалар AB және ab болғандықтан шыққан 162 қызыл гүлді өсімдіктер кроссоверлі болады. Ал 2274 ақ гүлдің ішіндегі кроссоверлісін табу үшін, кроссоверлі особьтардың саны (F_1 1 : 1 : 1 : 1) өзара тең болатыны туралы ережеге сүйенеміз. Яғни, кроссоверлі ақ гүлдің саны да 162 болады. Кроссинговердің шамасын анықтаймыз: $K = 324 / 2436 \times 100\% \approx 13\%$.

Енді есепті өрнектеуге көшелік:

Берілгені:

AB – қызыл

ab – ақ

1) $P_{\text{♀}} \frac{AB}{AB} \times \text{♂} \frac{aB}{aB}$

F_2 2264 ақ, 1651 AB,

2) $P_{\text{♀}} \frac{Aa}{Aa} \times \text{♂} \frac{aB}{aB}$

F_2 2274 ақ, 162 AB

Табу керек:

K% - ?

Шешуі:

1) $P_{\text{♀}} \frac{AB}{AB} \times \text{♂} \frac{aB}{aB}$

G AB ab

$F_1 \frac{AB}{aB}$ қызыл

Талдаушы будандастыру жүргіземіз $P_{\text{♀}} \frac{AB}{aB} \times \text{♂} \frac{aB}{aB}$

F_2

Қызыл – 1651

Кроссоверлі ақ – 613

Барлық ақ - 2264

Кроссоверлі емес ақ - 1651

$K = a/A \times 100\%$

$a = 2264 - 1651 = 613 \quad A = 3915$

$K\% = 613/3915 \times 100\% \approx 15\%$.

2) Енді екінші бөлімге көшеміз:

$P_{\text{♀}} \frac{Aa}{Aa} \times \text{♂} \frac{aB}{aB}$

G Aa aB

$F_1 \frac{Aa}{aB}$ қызыл

Талдаушы будандастыру жүргіземіз

$P_{\text{♀}} \frac{Aa}{aB} \times \text{♂} \frac{aB}{aB}$

F_2 – кроссоверлі гаметалар – AB и ab, алынған қызыл түсті 162 өсімдіктің кроссоверлі болады.

Кроссинговердің шамасын анықтаймыз:

$a = 162 + 162 = 324$

$A = 2274 + 162 = 2436$

$K = 324 / 2436 \times 100\% \approx 13\%$

$K = 324/2436 \times 100\% \approx 13\%$.

Жауабы: I. $K\% \approx 15\%$ II. $K\% \approx 13\%$

81*.

Берілгені:

ABD

AB-20% BD – 10%

I. $P_{\text{♀}} \frac{ABD}{ABD} \times \text{♂} \frac{abd}{abd}$

II. $P_{\text{♀}} \frac{abd}{abd} \times \text{♂} \frac{+++}{+++}$

Шешуі:

I. $P_{\text{♀}} \frac{ABD}{ABD} \times \text{♂} \frac{abd}{abd}$

G ABD abd

$F_1 \frac{ABD}{abd}$

Табу керек:

F₁ гаметы - ?

F₂ ав + ав + $\frac{\square}{\square}$?

F₁ G 68%

$\frac{ABD}{34}$ кроссоверлі емес

Кроссоверлі: 20% 10% 2%

$\frac{Abd}{10} \frac{aBD}{10} \frac{ABd}{5} \frac{aBd}{5} \frac{AbD}{1} \frac{aBD}{1}$

$\frac{10}{10} \frac{10}{10} \frac{5}{5} \frac{5}{5} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$

K₂ = K₁ x K₁ / 100% = 20 x 10 / 100% = 2% (қос қабат кроссинговер)

Барлық гаметаларды 100% деп алсақ, кроссоверлі еместің пайызы - K% = 100% - 32% = 68%

II. P_♀ $\frac{abd}{abd}$ x P_♀ $\frac{+++}{abd}$ кроссоверлі

гаметалар

34% 5% 10% 1%

G авд +++

G ата-ана +++++двд++в+

F₁ $\frac{+++}{abd}$ 34% 10% 5% 1%

авд а ++ ав+ а+д

Ата-ана гаметаларын үйлестіріп, Пеннет торын толтырған

кезде, F₂-дегі ав + ав + $\frac{\square}{\square}$ алатын үлесі 0,25% (ав + (5%)

x ав + (5%) 5 x 5 / 100% = 0,25%)

Жауабы: I. F₁ $\frac{ABD}{34} \frac{abd}{34} \frac{Abd}{10} \frac{aBD}{10} \frac{ABd}{5} \frac{aBd}{5} \frac{AbD}{1} \frac{aBD}{1}$

II. F₂ ав + ав + $\frac{\square}{\square}$ 0.25%

83*. Алдымен берілгенін жазамыз: D - боялған, d - боялмаған; S – бұдырлы, s - тегіс; W - қатты, w - жұмсақ. P_♀ $\frac{DSW}{DSW}$ x P_♂ $\frac{dsw}{dsw}$; P_♀ F₁ $\frac{dsw}{dsw}$

F_b $\frac{DSw}{601} \frac{DsW}{4} \frac{dsw}{2708} \frac{dSW}{113} \frac{dsw}{626} \frac{DSW}{2538} \frac{dSw}{2} \frac{Dsw}{116}$

Хромосоманың картасын құрып, гендердің ара-қашықтығын көрсету керек.

Шешуіне келейік: P_♀ $\frac{DSW}{DSW}$ x P_♂ $\frac{dsw}{dsw}$ F₁ $\frac{DSW}{dsw}$ x P_♀ $\frac{DSW}{dsw}$ x P_♂ $\frac{dsw}{dsw}$

Гаметалар $\frac{DSw}{601} \frac{DsW}{4} \frac{dsw}{2708} \frac{dSW}{113} \frac{dsw}{626} \frac{DSW}{2538} \frac{dSw}{2} \frac{Dsw}{116}$

Хромосоманың картасын құру үшін, кроссинговердің пайызын анықтауымыз қажет. Ол үшін мына формуланы қолданамыз. K% = a / A x 100%. A – F_T - ң жалпы саны 6708-ге тең. Алдымен D мен S гендерінің арасындағы кроссинговер пайызын табуымыз керек. Ол үшін кроссоверлі гаметалардың (DSw, dSw, dSW, Dsw) сандарын бір-біріне қосамыз:

a = 4+2+113+116 = 235. Енді S және W гендерінің арасындағы айқасуды (DSw, DSw, dsW, dSw) анықтаймыз:

a = 601+626+4+2=1233. D мен S арасының кроссинговер пайызын табамыз: K% = 235 / 6708 x 100% ≈ 3,5%. S пен W гендерінің арасы: K% = 1233 / 6708 x 100% ≈ 18,3 %.

Екі шеткі гендердің ара-қашықтығы көршілес үш геннің ара- қашықтығын бір-біріне қосқанға тең, яғни D мен W гендерінің ара- қашықтығы 3,5% + 18,3% = 21,8%- ке тең. Мұны былай дәлелдеу керек: D мен W гендерінің арасындағы кроссоверлі гаметалар DSw, dSW, dsW, Dsw.

a = 601 + 113 + 626 + 116 = 1456

$\frac{DW}{DW}$ K% = 1456 / 6708 x 100% = 21,7%.

$\frac{DW}{DW}$ гендерінің ара қашықтығы 21,8%-ке тең болуы керек, алайда тәжірибенің нәтижесі тек қана 21,7% көрсетіп тұр, яғни 0,1% жетпейді. Себебі, дара кроссинговермен қатар, бір мезгілде

қос қабат кроссинговер де жүрген. Енді оның шамасын табуымыз керек. Қос қабат кроссинговердің гаметалары $\frac{DsW}{4}$ және $\frac{dSw}{2}$; $K_2\% = K_1 \times K_1 / 100\%$

$$K_2 = 3.5 \times 18.3 / 100\% = 0.64$$

Практикада шыққан қос қабат кроссинговердің пайызы – 0.1. Коинциденция коэффициенті $C = \text{практ. нәтижесі/теор. күтіске қатынасы}$.

$C = 0.1/0.64 \approx 0.15$. $C < 1$, яғни интерференция - оң. Интерференцияның шамасын (I) мына формула бойынша анықтайды (3):

$$I = 1 - C \quad (3)$$

$$\underline{DW} K\% = 21,7\% + 0,1\% = 21,8\%.$$

Сонымен, DW ара қашықтығын табу үшін, дара және қос қабат кроссинговерлердің шамаларын бір-біріне қосу керек.

Хромосоманың картасын сызу үшін, горизонталь бағытта тіке сызық сызылады да, онда гендердің орналасу реті белгілі бір тәртіппен жазылады. Яғни, екі шетіне D және W гендері, ал S гені D геніне жақынырақ, 3,5 пайыз қашықтығында орналасады. Есептің сұрағына жауап беріп болдық, енді өрнектеуге көшеміз.

Берілгені:

D – боялған
d – боялмаған
S – бұдырлы
s – тегіс
W – қатты
w – жұмсақ

$$P_{\text{♀}} \frac{DSW}{DSW} \times P_{\text{♂}} \frac{dsw}{dsw}$$

$$P_{\text{♀}} F_1 \frac{dsw}{dsw}$$

$$F_b \frac{DSW}{601}, \frac{DSW}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dsW}{626}$$

$$\frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$$

Табу керек:

Хромосома картасы - ?

Шешуі:

$$P_{\text{♀}} \frac{DSW}{DSW} \times P_{\text{♂}} \frac{dsw}{dsw}$$

Гамета DSW dsw

$$F_1 \frac{DSW}{dsw}$$

$$P_{\text{♀}} \frac{DSW}{dsw} \times P_{\text{♂}} \frac{dsw}{dsw}$$

$$F_b \frac{DSW}{601}, \frac{DSW}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dsW}{626}$$

$$\frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$$

$$\underline{DS} K\% = 235/6708 \times 100\% \approx 3.5\%$$

$$\underline{SW} K\% = 1233/6708 \times 100\% = 18.3\%$$

$$\underline{DW} K\% = 1456/6708 \times 100\% = 21.7\%$$

$$K_2 = K_1 \times K_1 / 100\% \text{ (теориялық күтіс)}$$

$$K_2 = 3.5 \times 18.3 / 100\% = 0.64$$

Практикада шыққан пайыз – 0.1. Коинциденция коэффициенті $C = \text{практ. нәтижесі/теор. күтіс} / 100\%$

$$C = 0.1/0.64 \approx 0.15 \quad C < 1, \text{ яғни интерференция - оң.}$$

$$\underline{DW} K\% = 21.7\% + 0.1\% = 21.8\%$$

D	3,5%	S	18,3%	W
---	------	---	-------	---

$$21,8\%$$

Жауабы: D – 3,5% – S – 18,3% – W, D – 21,8% – W.

85*. Берілгенін жазамыз. Гендердің әсеретуі және кроссинговер пайызы берілген: ХА - сау, Ха - гемофилия, ХВ - сау, Хв - дальтонизм; а мен в-ның арасындағы $K\% = 9,8\%$. Қыздың ата-анасын шатастырмау үшін жақшаға алып қатарына жазамыз.

$$1. P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{XAB}{XAB} \times P_{\text{♂}} \frac{XAB}{XAB}) P_{\text{♂}} \frac{XAB}{XAB} \quad 2. P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{XAb}{XAb} \times P_{\text{♂}} \frac{XAB}{XAB}) P_{\text{♂}} \frac{XAb}{XAb}$$

Бірінші жағдайда дүниеге келетін балалардың фенотипін, екіншісінде $F\%_{\text{♀}} \frac{XAb}{XAb} \times XAb$ аурумен де ауыратын баланың пайызын анықтау керек.

Есепті шығаруға көшелік. Алдымен I жұптағы отау құратын әйелдің генотипін оның әкешесіне қарап анықтаймыз, яғни қыздың генотипі -

$P_{\text{♀}} \frac{XAB}{XAb}$ - дигетерозиготалы. Будандастыру схемасын жазып, пеннет торын толтырамыз. I.

$$P_{\text{♀}} \frac{XAB}{XAb} \times \underline{XAB}$$

Пеннет торына талдау жасаған кезде кроссинговер пайызын (9,8%) екі кроссоверлі Ав және аВ гаметаларға 4,9% -тен бөлуіміз керек. Әр тордың пайызын анықтау үшін 100 пайызды: аналығына - 45,1% кроссоверлі емес, 4,9% кроссоверлі гаметалардың әр қайсысына жазамыз. Ал аталығында кроссинговер жүрмеген, сондықтан әр гаметаға 50 пайыздан жазылады. Бұл некеден дүниеге келетін қыз балалардың бәрі 100% - сау, ал ұлдарының - 72,55% - сау, 2,45% - дальтоник, 2,45% - гемофилик және 22,55% - дальтоник әрі гемофилик болып шықты.

Енді есептің екінші бөлімін шығарамыз. Әйелдің генотипін оның әке- шешесіне қарап анықтаймыз: $P_{\text{♀}} \frac{X^{Ae}}{X^{aB}}$. Жігіттің генотипі берілген $P_{\text{♂}} X^{AB}$

Екі аурумен де ауырған қыз бен ұлдың өмірге келу пайызын анықтау керек. Будандастыру схемасын құрамыз: $P_{\text{♀}} \frac{X^{Ae}}{X^{aB}} \times P_{\text{♂}} X^{AB}$

Пеннет торын толтырып, алынған ұрпаққа талдау жүргіземіз. Өмірге келетін қыз бен ұлдың 2,45% дальтоник әрі гемофилик болып шығады. $(4,9 \times 50 / 100\% = 2,45\%)$ Есептің сұрақтарына жауап беріп болдық, енді өрнектеуге көшеміз.

Берілгені:

$\frac{X^A}{X^B}$ — сау; $\frac{X^a}{X^b}$ — гемофилия

$\frac{X^B}{X^b}$ — сау; $\frac{X^b}{X^b}$ — дальтонизм

ав К % = 9,8%

1. $P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{X^{AB}}{X^{AB}} \text{♂} \frac{X^{ab}}{X^{ab}} Y) P_{\text{♂}} \frac{X^{AB}}{X^{AB}} Y$

2. $P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{X^{Ab}}{X^{Ab}} \text{♂} \frac{X^{ab}}{X^{ab}} Y) P_{\text{♂}} \frac{X^{ab}}{X^{ab}} Y$

Табу керек:

1. F% - ? 2. F% $\frac{X^{ab}}{X^{ab}} \text{♂} \frac{X^{ab}}{X^{ab}} Y$ - ?

Шешуі:

$P_{\text{♀}} \frac{X^{AB}}{X^{ab}} \times \text{♂} \frac{X^{AB}}{X^{ab}} Y$

F 100% - сау; 72,55% – сау, 2,45% – дальтоник, 2,45% – гемофилик, 22,55%-дальтоник және гемофилик.

2. $P_{\text{♀}} \frac{X^{Ab}}{X^{aB}} \times \text{♂} \frac{X^{ab}}{X^{ab}} Y$

F – 2.45% гемофилик және дальтоник

Жауабы: 1. F – 100% - сау. F 72,55% - сау; 2,45% - дальтоник; 2,45% - гемофилик; 22,55% - дальтоник және гемофилик. 2. F – 2.45% - дальтоник және гемофилик.

89* Бұл есепті шешкен кезде сіз дрозофила хромосомаларының картасын пайдалана аласыз (сурет 11) немесе талдаушы будандастырудың нәтижелерін сүйенуіңізге болады. Ebony III-ші хромосомада (локусы 70.7), var (57.0) және miniature (36.1) I-хромосомада орналасқан, бұл будандастыру нәтижелерінен де көрінеді. Var мен miniature арасындағы қашықтықты анықтау керек: $(57 + 64) / (226 + 218 + 57 + 64) * 100 = 121/565 * 100 = 21.4\%$

Жауабы: III хромосома - Ebony

I хромосома Var _____ 21.4 _____ miniature

90* 1-ші эксперимент бойынша осы есепті талдайық.

Берілгені:

ec – эхинус

sc - қылшықсыздық

cv – көлденең тарамдар

$P_{\text{♀}} \frac{ec\ sc + cv +}{ec\ sc + cv +} \text{♂} \frac{ec + sv\ cv}{ec + sv\ cv}$

F₁ ♀ жабайы тип ♂ эхинус

810 ec sc⁺ cv⁺

828 ec⁺ sc cv

88 ec⁺ sc⁺ cv

89 ec⁺ sc cv⁺

62 ec sc cv⁺

103 ec sc⁺ cv

Табу керек:

Гендердің ара қашықтығы (К%)?

Шешуі:

$P_{\text{♀}} \frac{ec\ sc + cv +}{ec\ sc + cv +} \times \text{♂} \frac{ec + sv\ cv}{ec + sv\ cv}$

G $\frac{ec\ sc + cv +}{ec\ sc + cv +} \times \frac{ec + sv\ cv}{ec + sv\ cv}$

F₁ ♀ $\frac{ec\ sc + cv +}{ec + sv\ cv}$, ♂ $\frac{ec\ sc + cv +}{ec + sv\ cv}$
жабайы эхинус

ec және sc арасындағы ара-қашықтықты анықтаймыз

$K\% = \frac{62+88}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{150}{1980} * 100 = 7,6 M$

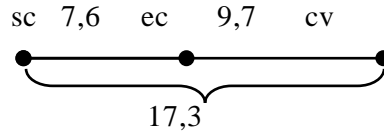
sc және cv арасындағы ара-қашықтықты табамыз:

$K\% = \frac{88+103+62+89}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{342}{1980} * 100 = 17,3 M$

ес және cv арасындағы ара-қашықтықты анықтаймыз:

$$K = \frac{89+103}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{192}{1980} * 100 = 9,7 M$$

Енді шартты хромосомадағы гендердің орналасуын көрсетейік:



Жауабы:

Эксперимент 1: sc (7.6) ec (9.7) cv

Эксперимент 2: ec (10.3) cv (8.4) ct

Эксперимент 3: cv (8.2) ct (15.2) v

Генетикалық карта: sc (7.6) ec (10.1) cv (8.3) ct (15.2) v

91*

Берілгені:

О – жемісі дөңгелек

о – жемісі жалпақ

P – түкті

p – түксіз

S – гүлдері жалқы

s – гүл шоғыры

F_b OPS – 73

OPs – 348

OpS – 2

Ops – 96

oPS – 110

oPs – 2

opS – 306

ops – 63

Табу керек:

гендердің орналасу ретін, олардың арасындағы қашықтықты (K%), ата- ана генотиптері?

Шешуі:

Тапсырмада талдаушы будандастыру туралы айтылғандықтан, ата-аналардың бірі рецессивті гомозиготалы және оның генотипі келесідей болып табылады: $\frac{opS}{opS}$

Гендердің ара- қашықтығы кроссинговердің жиілігімен анықталатындықтан, бұл мына формуламен өрнектеледі: $K = \frac{a}{A} * 100\%$, где a – число кроссоверлі даралардың саны, A – даралардың жалпы саны

Гендердің ара-қашықтығын анықтаймыз:

1) $\frac{OP}{op}$, a = 2+96+110+2=210; $K = \frac{210}{1000} * 100 = 21\%$

2) $\frac{PS}{ps}$, a = 73+96+110+63=342; $K = \frac{342}{1000} * 100 = 34,2\%$

3) $\frac{OS}{os}$, a = 73+2+2+63=140; $K = \frac{140}{1000} * 100 = 14\%$

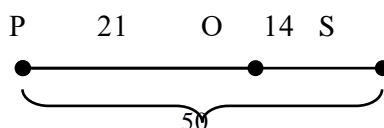
Осылайша, хромосомадағы гендер келесі ретпен орналасады R-O-S, бірақ R және S гендерінің арасындағы теориялық қашықтық 21%+14%=35% құрайды, бұл 34,2% практикалық қашықтыққа сәйкес келмейді. Бұл P және S гендер арасындағы қос кроссинговер жүргенде мүмкін. Енді қос қабат кроссинговерден пайда болған гаметалардың жиілігін P-O және O- S арасындағы дара кроссинговерлерді көбейту арқылы анықтау қажет:

$K_2 = \frac{K_{PO} * K_{OS}}{100\%}$; $K_2 = \frac{14 * 21}{100\%} = 2,94\%$ - Бұл теориялық күтістегі қос қабат кроссинговердің шамасы.

Практикалық кроссинговер: $K_{II} = 35\% - 34,2\% = 0,8\%$

Сонымен, P және S = 34,2%+0,8%=35% гендер арасындағы ара-қашықтық

Хромосомадағы гендердің орналасу реті төмендегідей болып бейнеленеді:



Ата-ана генотиптері: ♀ $\frac{POs}{poS}$ и ♂ $\frac{pos}{pos}$

Жауабы: 1) Гендердің орналасу ретін: POS.

2) Гендердің арасындағы қашықтық: (PO) = 21, (OS) = 14, (PS) = 35.

3) Ата-ана генотиптері: P ♀ $\frac{POs}{poS}$ және ♂ $\frac{pos}{pos}$

Бақылау сұрақтары

1. Гендердің тіркесуі және кроссинговер дегеніміз қандай құбылыстар?
2. Кроссинговердің биологиялық маңызы неде?
3. Кроссинговер санына және сапасына байланысты қалай жіктеледі?
4. Кроссинговердің пайызын қалай анықтайды?
5. Генетикалық карта қалай жасқталады?

VI. ПОПУЛЯЦИЯ ГЕНЕТИКАСЫ

Популяция (латынша «*популяцио*»-тұрғын) терминін генетика ғылымына 1903 жылы В.Иогансен енгізді. Өсімдіктердің де, жануарлардың да зерзатына бірдей қолданылатын осы заманғы популяция терминін былай тұжырымдауға болады: қандай болса да саны көп үрім-бұтақ ішінде көбею жолымен ұрпақ қалдырған, бір немесе бірнеше биоценоздардың белгілі бір аумағын иеленген бір түр дарақтарының жиынтығы. Жалпы популяция дегеніміз-бұл түр және эволюцияның қарапайым өлшем бірлігі.

Популяцияның генетикалық құрылымы - барлық дарақтар гендері аллельдерінің арақатынасы және жиынтығы. Популяцияның генетикалық құрылымында генетикалық салмақ-зиянды аллельдер ұғымы да қамтылады, оларға табиғи сұрыпталу кері әрекет етеді. Генетикалық құрылымды зерттеумен популяциялық генетика шұғылданады.

Популяциялық генетикада генотиптер мен аллельдердің жиілігін әртүрлі жолдармен көрсетеді. Есептер шығарғанда генотиптер мен аллельдердің жиілігін бірлік бөлшегімен көрсетеді, мысалы, 0,28 не 0,00031. Генотиптер мен аллельдердің жиілігін бірлік бөлшегімен санаудың бірнеше мысалдарын қарастырамыз (кесте – 4).

Кесте – 4

Генотип не аллельдің жиілігін көрсетудің әртүрлі жолдары	Бірлік бөлшекпен көрсетілген жиілікті есептеу
Зерттелуші популяцияда 420 адамның 84 –де доминантты белгі болды.	$84 : 420 = 0,2$
Популяциялардың бірінде рецессивті қанды адамдар (рецессивті белгі) 15 % құрайды.	$15 : 100 = 0,15$
Фенилкетонуриямен ауыратын науқастар жиілігі 10^{-4} тең.	$10^{-4} = 1 : 10000 = 0,0001$
Еуропалық популяцияларда ахондроплазияның таралуы 1000 нәрестенің 0,02 құрайды.	$0,02 : 1000 = 0,00002$
Алкаптонурия 1 : 100 000 жиілікте кездеседі.	$1 : 100\ 000 = 0,00001$
Зерттелуші белгі 30% толымсыз пенетранттылықпен популяцияда 0,09 жиілікпен кездеседі.	$0,09 : 0,3 = 0,3$

Эволюция процесін зерттегенде, біз популяцияда жүретін генетикалық үрдістерді қарастырамыз. Генетикалық тұрғыдан *эволюция* дегеніміз – белгілі популяциядағы гендер жиілігінің өзгеруі. Сондықтан да популяциялық генетиканы эволюциялық генетиканың бір бөлігі ретінде де қарауға болады.

Генетикалық құрылымы жағынан популяцияға қарама-қарсы түсінік – *таза линия*. Өздігінен тозаңданатын жеке өсімдіктің ұрпақтары таза линия болып саналады.

Харди-Вайнберг заңы бойынша қарапайым эволюциялық процестің факторлары (мутация, сұрыптау, миграция және гендер дрейфі) жоқ кезде популяцияның гендер (аллельдер) жиілігі белгілі тепе-теңдікке тез жетіп, барлық келесі ұрпақтар аралығында өзгермейді. Харди-Вайнберг заңы мынадай жағдайларды керек етеді:

- біріншіден, популяцияға кіретін ағзалар саны жеткілікті мөлшерде көп болуын;
- екіншіден, әр түрлі генотиптердің көбею қабілеттілігі бірдей болуын;
- үшіншіден, популяцияда кездейсоқ шағылысудың сақталуын.

Кездейсоқ шағылысу немесе *панмиксия* деп популяция құрамына енетін ағзалардың бір-бірімен еркін шағылысуын түсінеді, мұндағы шағылысудың барлық комбинацияларының жиілігі бірдей болады. Жеке алғанда, мысалы, генотипі *AA* аналық ағза генотипі *AA*, *Aa* немесе *aa* аталықпен ешқандай артықшылықсыз кездейсоқ шағылыса алады. Панмиксия гаметалар деңгейіндесакталады деп түсіну керек. Әрбір аналық жыныс жасуша кез келген сперматозоидпен бірдей мүмкіндік жиілігімен ұрықтанады деп есептеледі.

Харди-Вайнберг заңы формула 4 арқылы өрнектеледі. Айталық белгілі бір популяциядағы екі - *A* және *a* - аллельдің жиілігі *p* және *q*-ге тең делік

$$(p+q=1) \quad (4)$$

A аллелі бар гаметалар p жиілікпен кездеседі, ал a аллелі бар гаметалардың жиілігі — q . Гаметалардың зиготаға қосылуы кездейсоқ өтетін болса, онда генотипі AA зиготаның жиілігі p^2 -қа, генотипі Aa зиготаның жиілігі $2pq$ -ге және генотипі aa зиготаның жиілігі q^2 -қа яғни биномдық формуланың жіктелу мүшелеріне $(pA+qa)^2 = p^2AA+2pqAa+q^2aa$ тең болады.

Келесі ұрпаққа гомозиготалы генотиптер гаметаның бір типін ғана береді, ал гетерозиготалы генотиптер - әр түрлі гаметалардың бірдей санын береді. Популяциядағы әрбір дарабас орта есеппен гаметаның бірдей санын берсе, онда әрбір гаметаның үлесі популяцияның әр түрлі фенотиптерінің жиілігіне байланысты болады, сондықтан

$$A\text{-гаметаның үлесі: } p \cdot 1/2(2pq) = p(p+q) = p$$

$$a\text{-гаметаның үлесі: } q \cdot 1/2(2pq) = q(p+q) = q$$

Демек, сұрыптаудың не мутацияның әсері жоқ кезде бір ұрпақтан кейінгі еркін шағылысуда түзетілетін A және a гаметаларының жиілігі бұл популяцияның бастамасын беретін гаметалар жиілігіне тең болады. Бұдан генотиптер арақатынасы келесі ұрпақтарда да өзгермейді деуге болады.

Харди-Вайнберг заңынан мынадай қорытынды шығады: популяцияның бастапқы аталық және аналық дарабастарында аллельдер жиілігі бірдей болса, онда кездейсоқ шағылысуда кез келген генотиптерінің тепе - теңдік жиілігі бір ұрпақ көлемінде іске асады.

Харди-Вайнберг формуласының қолданылуы арқылы популяцияның генетикалық құрылымын талдауға болады. Доминантты белгі бойынша популяциядағы гомо- және гетерозиготалы генотиптердің жиілігін фенотипі айқын байқалатын рецессивті гомозиготалы дарабастардың (aa) саны арқылы Харди-Вайнберг формуласын пайдаланып, есептеуге болады.

Есептер

92.* 5000 қойдан құралған популяцияда 2 соқыр қозы туылды. Кемістік рецессивті геннің әсері екенін пайымдау қиын емес, яғни соқыр қозылардың генотипі - aa . Харди-Вайнберг формуласы арқылы осы генотиптің отардағы жиілігін табамыз.

$$q^2aa = naa:N = 2:5000 = 0,0004.$$

Енді рецессивті геннің жиілігін табуға болады: $qa=0,02$. Доминантты геннің жиілігін анықтау үшін $p+q=1$ теңдеуіне жүгінеміз:

$$pa=1-qa=1-0,02=0,98.$$

Екі аллельдің де жиілігі белгілі болғандықтан Харди-Вайнберг формуласын пайдаланып, зерттеп отырған локус бойынша популяцияның теориялық генетикалық құрылымын анықтаймыз:

$$AA = p^2 = 0,98^2 = 0,9604 \text{ (95,04\% немесе 4802 бас)}$$

$$Aa = 2pq = 2 \times 0,98 \times 0,02 = 0,0392 \text{ (3,92\% немесе 196 бас)}$$

$$aa = q^2 = 0,02^2 = 0,0004 \text{ (0,04\% немесе 2 бас)}.$$

Есептеудің дәлдігін тексеру үшін генотиптердің жиілігін қосу керек.

Олардың қосындысы 1-ге тең болса есептеу дұрыс деп саналады. Біздің мысалымызда генетикалық кемістің гені бар гетерозиготалы малдың саны басқа тең.

Үш аллельді локус (оларды $A1, A2, A3$ деп, жиіліктерін p, q және r деп белгілейік) бойынша генотиптердің арақатынасы былайша таралады:

$$(pA1 + qA2 + rA3)^2 = p^2$$

$$A1A1 + q^2$$

$$A2A2 + 2pA1 + qA2 + 2pA1 rA3 + 2qA2 rA3$$

Мұндағы генотиптердің арақатынасы Харди-Вайнберг заңына $p+q+r=1$ немесе $p+q+r=1$ немесе $(p+q+r)^2=1$ формуласына сәйкес келеді.

Үш аллельді локустағы гендер жиілігінің анықталуын түсіну үшін адамның ABO қан тобы жүйесін мысалға алайық.

93* Айталық, қайсыбір популяцияда қан тобының мынадай жиіліктері байқалды дейік:

$$A \text{ (II-қан тобы. Генотипті } AA \text{ және } AO) = 0,43$$

$$B \text{ (III-қан тобы. Генотип } BB \text{ және } BO) = 0,17$$

$$AB \text{ (IV-қан тобы. Генотипі } AB) = 0,04$$

$$O \text{ (I-қан тобы. Генотипі } OO) = 0,36$$

A, B және O аллелдерінің жиілігін p, q және r арқылы белгілейік. Онда Харди-Вайнберг заңына сәйкес рецессивті OO генотиптің жиілігі r^2 -қа тең болады, бұдан $r = \sqrt{0,36} = 0,60$.

Үшінші және бірінші қан тобының қосынды жиілігі $(q + r)^2$ -қа тең болуы керек. Демек, $(q + r)^2 = 0,17 + 0,36 = 0,53$, бұдан, $q + r = 0,53 = 0,73$. Біз $r = 0,60$ -қа тең екенін білеміз, сондықтан B аллельдің жиілігі $0,13$ -ке ($q = 0,73 - 0,60$) тең болады. Ал, A аллель-дің жиілігі $p = 1 - (q + r) = 1 - 0,73 = 0,27$. $pA + qB + r0 = 0,27 + 0,13 + 0,60 = 1,00$.

Харди-Вайнберг заңынан шығатын тағы бір қорытынды - сирек аллельдер популяцияда негізінен гомозиготалы күйде емес, гетерозиготалы күйде болады.

Популяциядағы рецессивті аллельдердің гетерозиготалардағы жиілігі $2pq$ -дің жартысына тең - pq , ал гомозиготалардың жиілігі q^2 -қа тең. Бірінші жиіліктің екіншіге қатынасы $pq/q^2 = p/q$ -ге тең. Оның шамасы q -дің мәні азайғанд ашамамен $1/q$ -ге жақындайды. Сөйтіп, рецессивті аллель жиілігі азайған сайын оның гетерозиготалы күйіндегі бөлігі арта түседі. Бұған мысал ретінде адам популяциясында альбинизм және алькапонурия ауруларының таралуын алуға болады.

94* Альбинизмнің рецессивті генінің жиілігі шамамен $0,01$ -ге тең.

Альбинизммен ауыратын адамдардың жиілігі $q^2 = 0,0001$ яғни 10 мыңнан біреуі ауырады, ал гетерозиготалардың жиілігі $2pq$ -ге немесе шамамен $0,02$ -ге.

($qa = \sqrt{0,0001} = 0,01$, $pA = 0,99$ болса, $Aa = 2pq = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198$) тең болады. Демек, альбинизм генінің саны гетерозиготаларда (гетерозиготалар жиілігінің жартысына тең: $2pq/2 = 0,01$) гомозиготалардағыдан ($0,0001$) 100 еседей артық.

95* Алькапонурияның жиілігі (aa генотип) - $0,000001$ (1 миллионнан 1 адам ауырады). Гетерозиготалардың жиілігі $Aa = 0,002$, ал ондағы рецессивті аллельдің жиілігі $0,001$ -ге тең болады. Демек, гетерозиготалы күйдегі рецессивті аллельдің бөлігі гомозиготалы күйіндегіден 1000 еседей артық.

Харди-Вайнберг заңы генотиптердің күтілетін (немесе теориялық) жиілігін есептеуге мүмкіндік береді.

96* Мысалы, 500 бас адай жылқысы гемоглобин локусы бойынша мынадай арақатынаста ажырады делік: $255 AA : 230 AB : 15 BB$. Гемоглобин типінің тұқым қуалауына кодоминанттылық құбылысы тән яғни HbB және HbA аллельдері түзетін $HbAA$, $HbAB$, $HbBB$ генотиптері фенотиптері бойынша бір-бірінен оңай ажыратылады. Сол себептен аллельдердің жиілігін (pA, qB) фенотиптер саны арқылы анықтауға болады:

$$pA = 2AA + AB / 2N = 2 \times 255 + 230 / 2 \times 500 = 0,74$$

$$qB = 2BB + AB / 2N = 2 \times 15 + 230 / 2 \times 500 = 0,26$$

$$\text{немесе } qb = 1 - pA = 1 - 0,74 = 0,26.$$

Аллельдер жиілігі арқылы гемоглобин типінің генотиптері бойынша жылқылардың теориялық жиілігінің таралуын анықтаймыз:

$$AA = NxpA$$

$$2 = 500 \times 0,742 = 273,8 \text{ бас (54,76\%)}$$

$$AB = N \times 2pAqB = 500 \times 2 \times 0,74 \times 0,26 = 192,4 \text{ бас (38,48\%)}$$

$$BB = Nxq^2$$

$$B = 500 \times 0,26^2 = 33,8 \text{ бас (6,76\%)}$$

Бұдан, қарапайым эволюциялық факторлардың популяцияға әсері болмаған жағдайда Харди-Вайнберг заңына сүйеніп, келесі ұрпақтарда генотиптердің жиілігі ($AA = 0,5476$; $AB = 0,3848$ және $BB = 0,0676$) өзгеріссіз қалады деп қорытынды жасауға болады. Ал популяцияның шын мәніндегі генотиптер жиілігі ($AA=255$; $AB=230$; $BB=15$) мен оның теориялық жиілігін ($AA=273$; $AB= 192,4$; $BB=33,8$ бас) көзбен шолу арқылы салыстыру олардың арасында айырмашылық бар екенін көрсетеді. Демек, зерттеліп отырған локус бойынша популяцияда гендік тепе-теңдік байқалмаған.

Популяцияның гендік тепе-теңдікте болуын (Харди-Вайнберг заңына сәйкес) немесе болмауын (эволюциялық факторлардың әсеріне сәйкес) нақты білу үшін екі түрлі әдіс қолданылады. Оның біріншісі мына формулаға негізделген:

$$p^2 AAxqaa$$

$$2 = (2pAqA/2)^2.$$

Егер,

$$p^2 AAxq^2 aa = (2pAqA/2)^2 \text{ болса, онда мұндай популяция генетикалық құрамы бойынша}$$

гендік тепе-теңдікте болғаны, ал

$$p^2$$

$$AAxq^2$$

$aa \neq (2pA \times qA/2)^2$ болса, онда популяцияда зерттеліп отырған локустың гендік тепе-теңдігі өзгерген.

Біздің мысалымыздың мәндерін осы формулаға қойып талдау мынаны көрсетеді:

$$p^2$$

$$AA=255/500=0,51;$$

$$2pA \times qB=230/500=0,46;$$

$$q^2$$

$$BB=15/500=0,03 \text{ болса,}$$

онда p^2

$$AA \times q^2$$

$$BB=(2pA \times qB/2)^2=0,51 \times 0,03=(0,46/2)^2$$

яғни $0,0153 \neq 0,05297$. Теңдеудің сол жағы оң жағына тең болмағандықтан бұл популяцияда гемоглобин локусы бойынша гендік тепе-теңдік жоқ деп саналады.

Эволюциялық факторлардың әсері жоқ кезде кездейсоқ шағылысу арқылы алынған (панмиксиялық популяциядан) популяцияның генотиптерінің теориялық жиілігінің мәндерін гендік тепе-теңдік формуласына қойып талдау жүргізсек, онда мұндай популяцияның генетикалық құрылымы Харди-Вайнберг заңына толық сәйкес келетініне көз жеткізуге болады:

$0,5476 \times 0,0667 = (0,3848 / 2)^2$ болса, онда $0,0370 = 0,0370$, теңдеудің екі жағы да тең, яғни мұндай популяцияда гемоглобин локусы бойынша гендік тепе-теңдік сақталады.

Нақты популяцияның жиілігі мен оның теориялық жиілігінің бір-біріне сәйкес келуін, яғни популяцияның зерттеліп отырған генетикалық локус бойынша гендік тепе-теңдігін анықтаудың екінші жолы хи-квадрат әдісіне сүйенеді.

Енді әр түрлі генотиптердің бейімділігін есептеу жолын талдайық. Әдетте оны W әріпімен белгілейді.

97*. Мысалы, 8000 дарабастан тұратын бастапқы популяцияда A аллелінің жиілігі $0,6(p)$ -ға, ал оның рецессивті аллелінің жиілігі $0,4(q)$ -ке тең деп санайық. Алдымен, әр түрлі генотиптердің сұрыптаудан кейінгі сақталуын (λ) есептеу керек. Бұл үшін әрбір генотип типі бойынша сұрыптаудан кейінгі дарабастар санын сұрыптауға дейінгі дарабастар санына бөлу керек:

$$\lambda AA = 2448:2880=0,85;$$

$$\lambda Aa=2726:3840=0,71;$$

$$\lambda aa=678:1280=0,53.$$

Рецессивті генотиптің шығыны (-602) гетерозиготалы генотиптен (-1114) анағұрлым аз болғанымен, оның сақталу дәрежесі төмен екеніне назар аудару керек.

Популяция генотиптерінің бейімділігін есептеу

Генотип Барлығы $AA \ Aa \ aa$

Популяцияның саны

$$N \times p^2 \ N \times 2pq \ N \times q^2$$

Сұрыптауға дейін

$$8000 \times 0,36=2880 \quad 8000 \times 2 \times 0,6 \times 0,4=3840 \quad 8000 \times 0,16=1280 \quad \text{Барлығы} - 8000.$$

$$\text{Сұрыптаудан кейін} \quad 2448 \quad 2726 \quad 678 \quad \text{Барлығы} - 5852$$

$$\text{Шығын} \quad -432 \quad -1114 \quad -602 \quad \text{Барлық шығын} - 2148$$

$$\text{Сақталуы} \quad \lambda \quad 0,85 \quad 0,71 \quad 0,53 \quad 0,73$$

Кез келген табиғи популяциядағы дарабастардың өлімге душар болуы әркезде әр түрлі. Мысалы қуаңшылық кезінде өлімге душар болған ақ бөкеннің саны әдеттегі жағдайдағыдан асып түседі. Генотиптің бейімділігін сипаттау үшін әрбір генотиптің сақталу дәрежесінің (λ) сақталуы ең жоғары деген генотиптің сақталу дәрежесіне бөледі. Біздің мысалымызда

$$WA \ A = 0,85/0,85=1,00;$$

$$WAa = 0,71/0,85=0,83;$$

$$Waa=0,53/0,85=0,62.$$

Салыстырмалы бейімділіктің мәні сұрыптаудың бағытын, демек, генжиілігінің өзгеру жолын көрсетеді. Дегенмен, ол - популяцияның динамикасын сипаттай алмайды, өйткені ол салыстырмалы мән, сондықтан оның мәні арқылы популяция санының көбеюі немесе азаюы туралы ештеңе айтуға болмайды. Өлімі ең аз генотиптің бейімділігі 1-ге тең екеніне назар аударыңыздар, бірақ бұл осы генотип өлімге душар болмайды дегенді білдірмейді. Ол тек AA генотипінің басқа генотиптерге қарағанда өлімге сирек душар болатынын көрсетеді.

Белгілі бір аллельдің өзінің альтернативті аллелінен селекциялы қартықшылығын процент арқылы немесе сұрыптау коэффициенті (s) түрінде кескіндеуге болады. Сұрыптау коэффициентінің

сандық мәнін альтернативті аллельдің салыстырмалы жиілігі арқылы анықтайды. Оның мәні 0-ден 1-ге дейін өзгереді: $s=1-W$

Біздің мысалымызда:

$$sAA=1-WAA=1-1=0;$$

$$sAa=1-WAa=1-0,83=0,17;$$

$$\text{және } saa=1-Waa=1-0,62=0,38$$

Мутация немесе миграция нәтижесінде пайда болған жаңа аллельдің (*a*) жиілігі алғашқы кезде төмен болады. Оның бастапқы аллельге (*A*) қарағанда қандай да бір селекциялық артықшылығы пайда болуынан бастап сұрыптаудың әсерінен жаңа аллельдің жиілігі арта түседі, А-аллелінің жиілігі кеми түседі.

Тіпті популяцияның *A* аллелі *a* аллельге толық ауысуы да мүмкін. Аллель жиілігінің өзгеру жылдамдығы *S*-ның мәніне тура пропорциональды яғни сұрыптау коэффициентінің жоғары мәнінде жаңа аллельдің жиілігінің артуы тезірек өтеді, ал төмен сұрыптау коэффициентінде мұндай өзгеріс баяу жүреді.

Келесі түйінді сөздер мен ұғымдардың мағынасын ашыңыз: популяциялық генетика, таза линия, инбредті депрессия, Харди-Вайнберг заңы, кездейсоқ шағылысу, панмиксия, эволюциялық факторлар, мутациялық процесс, миграция, сұрыптау, гендер дрейфі, табиғи сұрыпталу, дарвиндік немесе салыстырмалы бейімділік.

Есептерді шығару жолдары

98.* Популяцияны талдау аутосомды рецессивті белгісі бар адамдардың кездесу жиілігі 0,04 екендігін көрсетті. Бұл популяциядағы гетерозиготтардың кездесу жиілігі қандай?

Берілгені:

$$0,04 = q^2$$

Табу керек:

$$2pq$$

Шешуі:

$$p + q = 1$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$1) q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,04} = 0,2$$

$$2) p = 1 - q = 1 - 0,2 = 0,8$$

$$3) 2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32$$

Жауабы: $2pq=0,32$

99*. Сұлыда альбинизм аутосомды рецессивті белгі ретінде тұқым қуалайды. Зерттелген үлескідегі 84000 өсімдіктің ішінен 210 альбинос шықты.

Сұлыдағы альбинизм генінің кездесу жиілігін анықтаңыздар.

Шешуі: Сұлыдағы альбинизм аутосомды рецессивті белгі ретінде тұқым қуалайтындықтан барлық альбинос-өсімдіктер рецессивті ген бойынша гомозиготалы болады, яғни –*aa*. Олардың популяциядағы кездесу жиілігі $q^2=210/84000=1/400=0,0025$. Рецессивті геннің кездесу жиілігі $q=\sqrt{0,0025}=0,05$

Жауабы: $q=0.05$

Берілгені:

A-сау

a -альбинизм

барлығы: 84000 өсімдік

aa = 210 альбинос

Табу керек:

q-?

Шешуі:

$$q^2=210/84000=1/400=0,0025$$

$$q=\sqrt{0,0025}=0,05$$

Жауабы: $q=0.05$

100. Жүгерідегі альбинизм рецессивті белгі ретінде тұқым қуалайды. Жүгерінің кейбір іріктемелерінде өсімдік-альбиностар 25:10000 жиілікпен кездеседі.

Осы жүгері іріктемелеріндегі альбинизм генінің кездесу жиілігін анықтаңыздар.

101. Аралдардың біреуінде 10000 түлкі атылды, олардың 9991 жирен және 9 ақ түсті дарақтар болып шықты. Жирен қоңыр түс ақ түске қарағанда басымдылыққа ие.

Жирен гомозиготаның, жирен гетерозиготаның және ақ түлкілердің кездесу жиілігінің пайыздық арақатынасын анықтаңыз.

102.* Ірі қара малдың шортгорн тұқымының терісіндегі жүнінің қызыл түсі ақ түсіне толық басымдылық көрсете алмайды. Қызыл және ақ түсті дарақтарды будандастырғаннан алынатын будан ала түсті болып шығады. Арнайы шортгорн өсіретін аймақта 4169 қызыл, 3180 ала және 756 ақ түсті жануарлар тіркелген.

Берілген аймақтағы малдың жүнінің қызыл және ақ түстілігін шығаратын гендердің кездесу жиілігін анықтаңыздар.

Жауабы:

Егер жануарлардағы жүннің қызыл түсін шығаратын генді А деп белгілесек, ақ түстіліктің генін а, демек қызыл түсті жануарлардың генотипі АА (олар 4169) болады, ала түсті (олар 3780), ақ түсті аа (олар 756). Барлығы 8705 жануарлар тіркелген. Гомозиготалы қызыл немесе ақ жануарлардың кездесу жиілігін бірлік үлесінде есептеуге болады. Мысалы, ақ жануарлардың кездесу жиілігі $756:8705=0,09$ болады. Сол себептен $q^2=0,09$, а рецессивті геннің кездесу жиілігі $q=\sqrt{0,09}=0,3$ болады. А генінің кездесу жиілігі $p=1-q$ болады. Сондықтан, $p=1-0,3=0,7$.

103. Жалпы альбинизм (теріде меланиннің болмауы) рецессивті ауtosомды белгі ретінде тұқым қуалайды. Бұл ауру 1:20 000 жиілігімен кездеседі.

Популяциядағы гетерозиготалардың санын анықтаңыздар.

104. Алькопонурия сіңір ұлпасының боялуы және зәр түсінің қарауытуымен сипатталады. Қартайғанда бұл аномалиядан артрит дамиды. Ауtosомды рецессивті белгі ретінде тұқым қуалайды. Ауру 1:100 000 жиілігінде кездеседі.

105*. Альбинизм рецессивті жолмен тұқым қуалайды. 1/20 000 деп көрсетіліп тұрған шама - бұл q^2 . Сондықтан а генінің кездесу жиілігі $q = \sqrt{1/(20\ 000)} = 1/141$ болады. А генінің кездесу жиілігі $P = 1 - q$; $p = 1 - 1/141 = 140/141$ болады.

Популяциядағы гетерозиготалар кездесу жиілігі $2pq$ -ға тең.

$$2pq = 2 \times 140/141 \times 1/141 = 1/70$$

Бұл санды пайызға шаққанда 1,4% -ды аламыз.

106*. Кидд бойынша қан тобының жүйесі екі генмен анықталады. $I^a I^b$ -ға қарағанда басымдылыққа ие, ал оларды тасымалдаушы түрлер оң-кидд болып келеді. Кракова халқы арасында I^a генінің кездесу жиілігі 0,458-ге тең. Оң-кидд мәнді адамдардың негрлер арасында кездесу жиілігі 80%.

Кидд жүйесі бойынша Кракова және негрлер популяциясың генетикалық құрылымын анықтаңыздар.

Жауабы:

Есептің шартында Кракова тұрғындары арасындағы Кидд қан тобы жүйесі бойынша басымдылық генінің кездесу жиілігін анықтау берілген: $p = 0,458$. Онда рецессивті геннің кездесу жиілігі $q=1-0,458=0,542$. Популяцияның генетикалық құрылымы: доминантты ген бойынша гомозиготалы- p^2 , гетерозиготалы- $2pq$ және рецессивті ген бойынша гомозиготалы q^2 . Демек, $p^2=0,2098$; $2pq=0,4965$; $q^2=0,2937$. Осы шаманы пайызға айналдырса, онда Краковадағы генотиптердің кездесу жиілігін төмендегідей етіп көрсетуге болады: $I^a I^a$ 20,98%, $I^a I^b$ 49,65%, $I^b I^b$ 29,37% .

Есептің шартында негрлер үшін генотиптердің кездесу жиілігі берілген. Генотипінде I^a болатын адамдар: $I^a I^a$ және $I^a I^b$, яғни $p^2+2pq=80\%$ -ға тең немесе бірлік үлесінде 0,8. Осы жерден генотипі $I^b I^b$ болатын теріс-Киддті адамдардың кездесу жиілігін оңай есептеуге болады. $q^2=100\% - 80\%=20\%$ немесе бұл бірлік үлесінде: $1-0,8=0,2$.

Енді I^b рецессивті генінің кездесу жиілігін есептеуге болады. $q=\sqrt{0,2}=0,45$. Онда доминантты геннің I^a кездесу жиілігі $p=1-0,45=0,55$ -ке тең. Доминантты ген бойынша гомозиготалылардың кездесу жиілігі (p^2), 0,3-ке немесе 30%-ға тең. Гетерозиготалардың $I^a I^b$ ($2pq$) кездесу жиілігі 0,495 немесе шамамен 50%.

107*. Туа біткен ортан жіліктің шығуы басымдылық арқылы тұқым қуалайды, орташа пенетрантылық 25%. Ауру 6:10 000 жиілігімен кездеседі.

Рецессивті ген бойынша гомозиготалы дарақтардың кездесу жиілігін анықтаңыздар.

Жауабы:

Туа біткен ортан жіліктің шығуынан зардап шегетін адамдардың генотипі AA немесе Aa (доминант тұқым қуалаушылық). Сау адамдардың генотипі aa . $p^2+2pq+q^2=1$ формуласынан көрінгендей рецессивті ген бойынша гомозиготалы дарақтардың (aa) кездесу жиілігі $q^2=1-p^2-2pq$. Алайда есепте берілген аурулардың кездесу жиілігі (6 : 10 000) p^2+2pq емес тек қана А генінің 25%

тасымалдаушыларыяғни $\frac{p^2+2pq}{4}$. Сол себептен де, $p^2+2pq = \frac{4 \times 6}{10000} = \frac{24}{10000}$. Онда рецессивті гені бойынша гомозиготалы даралардың кездесу жиілігі $q^2 = 1 - \frac{24}{10000} = \frac{9976}{10000} = 99,76\%$.

108*. Подагра геннің доминантты аутосомды аллелімен анықталады, бірақ әйелдерде оның пенетранттылығы 0%, ал еркектерде 20% құрайды. Егер 10000 тұрғынның ішінде подаграмен ауыратын шамамен 190 адам болса, популяцияның генетикалық құрылымын анықтаңыз.

Берілгені:

A – подагра

a – сау

Пенетранттылық ♂ = 20%

Пенетранттылық ♀ = 0%

Тұрғындар саны = 10 000 адам

Подаграмен ауыратын тұрғындар саны = 190 адам

Табу керек:

Популяцияның генетикалық құрамы:

Шешуі:

1) Осы популяциядағы подаградың көріну пайызын табамыз:

$190 / 10\,000 = 0,019$ немесе 1,9%

2) Ер адамдарда бұл белгінің пенетранттылығы 20% болғандықтан, бұл $1,9\% \times 5 = 9,5\%$ болады.

3) Еркек пен әйел жынысы 50% тұқым қуалайтындықтан, AA және Aa генотиптері бар адамдардың саны:

$9,5\% \times 2 = 19\%$

4) aa генотипі бар адамдардың санын анықтаймыз:

$100\% - 19\% = 81\%$ немесе 0,81 (бұл q^2 шамасына сай келеді)

5) q және p табамыз:

$q = \sqrt{0,81} = 0,9$

$p = 1 - q = 1 - 0,9 = 0,1$

б) Доминантты AA және Aa фенотиптерінің кездесу жиіліктерін есептейміз:

AA (p^2) = $(0,1)^2 = 0,01 = 1\%$

Aa ($2pq$) = $2 \times 0,1 \times 0,9 = 0,18 = 18\%$

Жауап: Берілген популяцияда генотиптер келесідей жиіліктермен кездеседі: AA-1%; Aa – 18%; aa – 81%.

109. Гомозиготалы сары және сұр дрозофила жеміс шыбындарын будандастырған кезде төмендегідей нәтижелер алынды:

Ата -аналары	Ұрпақтары
Сұр аналық x Сары аталық	Бәрі сұр
Сары аналық x Сұр аталық	Барлық аталықтар - сары Барлық аналықтар –сұр

Төмендегі мәлімдемелердің қайсысы дұрыс?

A. дененің сұр және сары түстерін анықтайтын аллельдер кодоминантты.

B. дененің сұр түсін анықтайтын аллель X хромосомасымен тіркескен және рецессивті

C. дененің сары түсін анықтайтын аллель X хромосомасымен тіркескен және доминантты.

D. дененің сұр түсін анықтайтын аллель X хромосомасымен тіркескен және доминантты.

E. дененің сары түсін анықтайтын аллель аутосомада орналасқан және рецессивті.

110. Күзен өсірумен айналысатын адам оларға еркін будандасуға мүмкіндік берді. Ол күзендерінің орташа есеппен 9% -нда қатты жүн бар екенін анықтады, бұл сату кезінде аз табыс әкелді. Сондықтан, ол жұмсақ жүнге назар аударуды жөн көрді және қатты жүнді күзендердің будандасуына жол бермеді. Қатты жүннің белгісі аутосомды рецессивті аллель ретінде тұқым қуалайды. Ол келесі ұрпақта қатты жүнді күзендердің қанша пайызын ала алады (теориялық тұрғыдан)? (Жауабы :5,3%)

Бақылау сұрақтары

1. Харди- Вайнберг заңы және оның маңызы
2. Популяцияның генетикалық құрылымы
3. Популяциялық генетикадағы генотиптер мен аллельдердің жиілігі.
4. Генетикалық тұрғыдағы эволюция – белгілі популяциядағы гендер жиілігінің өзгеруі
5. Харди-Вайнберг формуласының қолданылуы арқылы популяцияның генетикалық құрылымын талдау.

VI. АДАМ ГЕНЕТИКАСЫ

Адам генетикасы – іргелі және қолданбалы ғылым. Генетика ғылымы қарастыратын тұқым қуалаушылық пен өзгергіштіктің барлық заңдылықтары адамға да тән болып есептеледі. Себебі ол да тіршіліктің бір түріне (*Homo Sapiens*) жатады. Тұқым қуалаушылығы мен өзгергіштігі жағынан адамның басқа жануарлардан айтарлықтай өзгешелігі жоқ. Бәрінде де тұқым қуалайтын қасиет ұрпақтан-ұрпаққа хромосома құрамында болатын гендер арқылы беріліп отырады. Адамның жануарлардан айырмашылығы – оның саналылығы мен екінші сигналдық жүйесінің болатындығында, соған байланысты оның сыртқы ортаға бейімделу мүмкіндігі де мол болып келеді. Жалпы адамзат қоғамда өмір сүретіндіктен оның эволюциялық дамуында әлеуметтік факторлардың да рөлі бар. Адамның генетикалық нысан ретіндегі ерекшелігі – оның генетикасын зерттеуді қиындататын көптеген қайшылықтардың болуында. Оларға: жыныстық жағынан кеш пісіп-жетілетіндігі, әр отбасынан тарайтын ұрпақ санының аздығы; барлық ұрпақтың тіршілік ортасын теңестірудің мүмкін еместігі, хромосома санының көп болатындығы, адамға тәжірибе жасауға болмайтындығы және басты бір қайшылық – адамның кейбір тұқым қуалайтын қасиеттерінің, мысалы, қабілеті мен мінез-құлқының дамып қалыптасуына кедергі келтіретін ұлтшылдық, нәсілшілдік сияқты әлеуметтік ерекшеліктердің болатындығы.

Адамның тұқым қуалаушылығын зерттеу әдістері

Адам генетикасының тұқым қуалаушылығын зерттеу әдістеріне: генеологиялық, цитогенетикалық, егіздік, онтогенетикалық, популяциялық және биохимиялық әдістер жатады.

Генеологиялық әдіс. Бұл әдістің негізінде адамда болатын түрлі белгілер мен қасиеттердің немесе аурулардың тұқым қуалауын оның шыққан тегіне қарай зерттеу жатады. Бұл үшін міндетті түрде шежірелік сызбанұсқа жасаудың символдарын білу қажет (Сурет 12). Осы мақсатта зерттелетін белгі бойынша әкесі және шешесі жағынан бірнеше буын бойы мәліметтер жинақталып, соның негізінде шежірелік сызба-нұсқа жасалады. Кейбір белгілер мен қасиеттер кез келген ұрпаққа беріле алады, яғни доминанттылық жолмен тұқым қуалап, Мендель заңдарына бағынады. Оларға: полидактилия (саусақтардың артық болуы), беттің секпілі, катаракта, шаштың қаралығы және т.б. жатады. Генеологиялық әдіспен адамның кейбір қабілеттерінің, мысалы, музыкаға, шешен сөйлеуге қабілеттілік әйгілі композитор Бахтардың әулетінде болған. Генеологиялық әдіспен көптеген аурулардың тұқым қуалайтындығы анықталған.

геофилиямен ауырған. Шежіре әдісінің негізгі мақсаты – жиналған деректер бойынша шежіре үлгісін құрастыру және оны талдау. Шежіре құрастыруды бастайтын адамды пробанд деп атайды. Оның іні-қарындастарын сибстер деп белгілейді.

Цитогенетикалық әдіс. Бұл әдіспен сау немесе ауру адамның кариотипіне немесе хромосома жиынтығына цитогенетикалық талдау жасалады. Осы әдісті пайдаланып тұңғыш рет 1956 жылы Дж.Тийо және А.Леван қалыпты жағдайда адамның дене жасушаларында 22 жұп аутосомалар және бір жұп – жыныстық хромосомалар болатындығын анықтады. Бұрынғы жыныс генетикасы тақырыбында айтылғандай ер адамда жыныстық хромосома гетероморфты (ХУ), ал әйел адамда гомоморфты (ХХ) болып келетіндігі дәлелденді. Бұл әдісті қолдану адамның дене және жыныс жасушаларында пайда болатын хромосомалық өзгерістерді байқауға мүмкіндік тудырды. Мұндай өзгерістер түрлі аурулардың тууына себепкер болады. Сондықтан цитогенетикалық әдісті медицинада диагностикалық мақсатта қолданады.

Егіздік әдіс. Егіз болып туу адам баласында жиі кездесетін құбылыс. Олардың екі түрі болады: бір жұмыртқалық және екі жұмыртқалық егіздер. Бір жұмыртқалық егіздер дегеніміз – бір жұмыртқа жасушасының бір сперматозоидпен ұрықтануынан екі зиготаның дамуы. Мұндай егіздер бір-біріне айнамастай ұқсас болады, себебі олардың генотипі бір.

Ал екі жұмыртқа жасушаларының екі түрлі сперматозоидтармен бір мезгілде ұрықтануынан дамыған егіздер бір-біріне онша ұқсамауы мүмкін. Себебі әр түрлі жұмыртқа жасушалары мен сперматозоидтардағы гендердің үйлесімі түрліше болып келеді. Осының ішінде бір жұмыртқалық егіздер аса маңызды жалпы биологиялық мәселені немесе белгі-қасиеттердің дамып қалыптасуы үшін тұқым қуалаушылық пен сыртқы ортаның әсерін зерттеуде ыңғайлы материал болып табылады. Мысалы, адамның бойындағы туа біткен қабілетті дамытып, қалыптастыру үшін оқу мен тәрбиенің қандай маңызы бар екендігі анықтай алады. Сонымен қатар, егіздік әдіс адамның кейбір тұқым қуалайтын ауруларға (шизофрения, эпилепсия, гемофилия және т.б.) бейімділігін алдын ала анықтауға көмектеседі.

Онтогенетикалық әдіс. Бұл әдіспен адамның онтогенезі немесе жеке дамуы барысында тұқым қуалайтын өзгерістердің бар-жоғы анықталады. Кейбір тұқым қуалайтын ауруларды соған жауапты рецессивті гендерден тұратын гомозиготалы ағзалардан ғана емес, аз да болса гетерозиготалылардан да байқауға болады. Мысалы, шизофрения ауруын рецессивті ген анықтайды, және ол ауру адам атаанасының екеуінен де сондай генді алса, яғни рецессивті гомозигота (aa) болса ғана білінеді. Ал гетерозиготалы (Aa) жағдайда ол адам ауру болмауға тиіс. Бірақ кейде онтогенез барысында ондай адам бір қайғылы жағдайға ұшырап, стресс болса ол аурудың шығуы мүмкін. Сонымен, онтогенетикалық әдістің маңызы – онтогенез барысында белгілі бір ауруды тасымалдайтын рецессивті гендерді анықтау арқылы болашақ ұрпақты ауыр зардаптардан алдын ала сақтандыру.

Популяциялық әдіс. Бұл әдіспен түрлі тұқым қуалайтын өзгерістердің адам популяциясына таралу жиілігі зерттеледі. Адамның әртүрлі популяцияларында тұқым қуалайтын генотиптік өзгерістердің таралуы түрлі мөлшерде болады. Мысалы, Мариан және Гуам аралдарындағы жергілікті тұрғындардың жұлын жасушасының склерозы ауруынан қаза болуы басқа елдермен салыстырғанда 100 есе көп. Сол сияқты Швейцарияда Роне өзенінің 199 жағалауында орналасқан бір ауылдың 2000 тұрғынының ішінде 50 адам саңырау-мылқау, 200 адам саңырау болып шыққан. Себебі, көші-қонның болмауынан жекелеген отбасылар мен туыстар көп таралып көбейе алмайды, сондықтан кейбір тұқым қуалайтын ауруларды тасымалдайтын ген мөлшері артып кетеді.

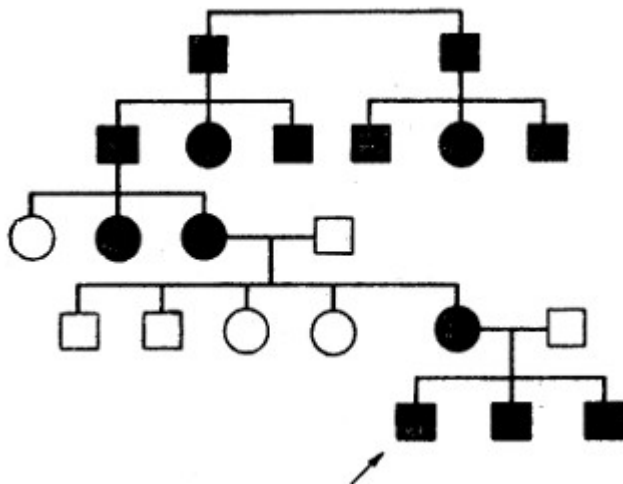
Биохимиялық әдіс. Бұл әдіс адам генетикасын зерттеуде соңғы кездері кеңінен қолданылып жүр. Адамда болатын түрлі тұқым қуалайтын өзгерістер жасушадағы зат алмасудың бұзылуына тікелей байланысты. Олар сол жасушаның құрамына кіретін ақуыздар, нуклеин қышқылдары, көмірсулар, майлар және т.б. тікелей байланысты. Айталық, ДНҚ молекуласында өзгеріс болса, онда ген өзгерді деген сөз. Себебі геннің өзі сол ДНҚ-дан тұрады. Ал ондай өзгеріс тұқым қуалайды. Биохимиялық әдістің үлкен тәжірибелік маңызы бар. Мысалы, ДНҚ-ға талдау жасау арқылы баланың ата-анасын дәл анықтап табуға болады. Бұл әдіс қазір археологиялық зерттеулерде де қолданылып жүр.

Есептер

111* Пробанд (оның тұсына стрелка қойылған) түнгі соқырлықтан зардап шегеді (Сурет 13). Оның екі ағасы да ауру. Пробандтың әкесі жағынан ешкімде бұл аурумен ауырмаған. Пробандтың анасы ауру, бірақ оның екі әпкесі мен екі ағасы да сау және олардың балалары да сау болған. Анасы жағынан нағашы әжесі ауру, атасы сау; әжесінің бір апасы ауру, бірақ екінші апасы сау; әжесінің әкесі ауру және оның апасы мен ағасы да ауру болған. Әжесінің арғы атасы да ауру және оның ауру ағасының түнгі соқырлықтан зардап шеккен бір қызы мен екі ұлы болған. Пробандтың әйелі және оның ата-анасы мен туыстары сау отбасынан шыққан.

Пробандтың отбасында ауру ұрпақтың өмірге келу мүмкіндігінің ықтималдылығын анықтаңыздар.

Есепті *шешу* аталмыш мәтінге берілген шежірелік сызба-нұсқаға талдау жасаудан басталады (сурет 13). Шежірелік сызбанұсқаға талдау жасау барысында аталмыш түнгі соқырлықтың аутосомалық доминанты белгі екенін көреміз – А. Сол себептен де пробандтың генотипі – Аа (оның әкесі сау, генотипі аа). Пробандтың әйелі сау, генотипі - аа. Ерлі-зайыптылардың генотиптерін білгеннен соң, осы отбасында сау және ауру ұрпақтың өмірге келу ықтималдығы өте жоғары (50%) екендігін анықтаймыз.



Сурет 13. 111* есептің шежіре сызба-нұсқасы

112. Пробанд шашының маңдай үстінде ақ түсті орам шашы болуымен ерекшеленеді. Оның ағасында мұндай ақ шашты орай жоқ. Пробандтың әкесі жағынан мұндай аномалия байқалмаған. Пробандтың анасында бұл орай бар; анасының үш сіңлісінің екеуінде бұл орай бар да, ал біреуінде жоқ. Пробандтың нағашы апалары жағынан бір апасының ұлында ақ орай бар, бірақ қызында жоқ, ал екінші апасының бір ұл, бір қызында ақ шашты орай бар да, ал бірақ бір қызында жоқ. Анасы жағынан үшінші ақ шашы жоқ апасының екі ұлы мен бір қызында да ақ орай жоқ. Пробандтың нағашы атасының және оның екі ағасының ақ шашты орайы бар да, сондай ақ олардың басқа екі інілерінің ақ шашты орайлары жоқ болған. Арғы атасы мен одан да жоғары арғы аталарының маңдай тұсы шаштарында ақ орайлары болған.

Егер де пробанд ақ шашты орайы бар өзінің туыс қарындасымен неке құратын болса, онда осы отбасында ақ шашты орайы бар балалардың өмірге келу ықтималдығын анықтаңыздар және осы мәтінге шежірелік сызбанұсқа құрыңыздар.

113. Жас жұбайлардың екеуі де оң қолды. Әйелдің отбасында тағыда екі апасы – оң қолды және үш солақай ағасы болған. Әйелдің анасы – оң қолды, әкесі – солақай. Әкесінің солақай әпкесі мен ағасы және оң қолды әпкесі мен екі ағасы бар. Әкесі жағынан атасы - оң қолды, әжесі – солақай. Әйелдің анасының екі ағасы мен әпкесі бар – барлығы да оң қолды. Күйеуінің анасы – оң қолды, әкесі - солақай. Күйеуінің анасы мен әкесінің жақтарынан болатын әжелері мен аталары да – оң қолды. Осы отбасында солақай балалардың туылу ықтималдығын анықтаңыз.

114. Ерлі-зайыптының екеуі де альбинизм белгісі бойынша гетерозиготалы. Олардан әртүрлі жұмыртқалы егіз балалар дүниеге келген. Олардың екеуінің де альбинос болуының ықтималдығы қандай? А) 25 % В) 50 % С) 75 % D) 100 % E) 12,5 %

115. Гетерозиготалы организмдер (Аа, Сс, Вв). Қандай типі гаметалар түзеді? А) 1 В) 2 С) 3 204 D) 4 E) 6

116. Адамда алты саусақтың болуы доминантты геннің, ал бес саусақтың болуын рецессивті геннің анықтайтыны белгілі. Бес саусақты әйел, гетерозиготалы алты саусақты ер адамға тұрмысқа шыққан. Отбасында алты саусақты бала болуының ықтималдығы қандай? А) 25% В) 50% С) 75% D) 100% E) 12,5%

117. Ерлі-зайыптылардың екеуі де гомозиготалы алты саусақты отбасында бес саусақты балалардың тууы мүмкін бе? А) иә В) жоқ С) жартылай мүмкін D) жартылай мүмкін емес E) дұрыс жауабы жоқ

118. Бір жұмыртқадан пайда болған екі қыз, өздері сияқты егіз екі жігітке тұрмысқа шықса, олардан туатын балалар өздері сияқты бір-біріне ұқсас болады ма? А) иә В) жоқ С) жартылай мүмкін D) жартылай мүмкін емес E) дұрыс жауабы жоқ

119. Қара көзді жігіт көк көзді қызға үйленген. Қара көзді көк көзді белгіден басым. Олардан қара көзді 8 бала туады. Осы отбасында балалардың генотипін анықта. А) АА В) Аа С) аа D) Аа аа E) АА АА

120. Қой көзді оңқай еркек көк көзді оңқай әйелге үйленді. Олардың бірінші баласы көк көзді солақай болды. Осы баланың генотипі қандай? А) АаВв В) ААвв С) ааВВ 205 D) ааВв E) аавв

121. Адамда гипофосфогемия гені Х-хромосомада орналасқан. Осы аурумен ауыратын еркек сау әйелге үйленеді. Олардың ұлдарының қаншасы ауырады? А) екеуінің біреуі В) төртеуінің біреуі С) біреуі D) үшеуінің біреуі E) ауырмайды

122. Тұқым қуалайтын аурумен ауыратын еркек сау әйелге үйленеді. Олардың 8 баласы 4 қызы және 4 ұлы болады. Қыздарының барлығы ауру, ұлдары сау болған. Ауру белгі қалай тұқым қуалайды? А) аутосомды рецессивті В) аутосомды доминантты С) Х-хромосомамен тіркескен D) доминантты Х-хромосомамен тіркескен E) рецессивті Х-хромосомамен тіркескен

123. Адамда түнде көрмейтін ауру доминантты белгі ретінде тұқым қуалайды. Шешесі сау, әкесі ауру отбасында ауру бала тууының ықтималдығы қандай? А) 25 % В) 50 % С) 75 % D) 100 % E) 12,5 %

124. Адамда түнде көрмейтін ауру доминантты белгі ретінде тұқым қуалайды. Егер шешесі сау, әкесі де осы ауру бойынша герето зиготалы болса отбасында ауру бала тууының ықтималдығы қандай? А) 25% В) 50% С) 75% D) 100% E) 12,5% 206

125. Баланың және оның әпкесінің қан тобы – төртінші. Ата-аналарының қан топтарын анықтаңыз. А) I және I, В) I және IV, С) II және III, D) I және III, E) III және IV.

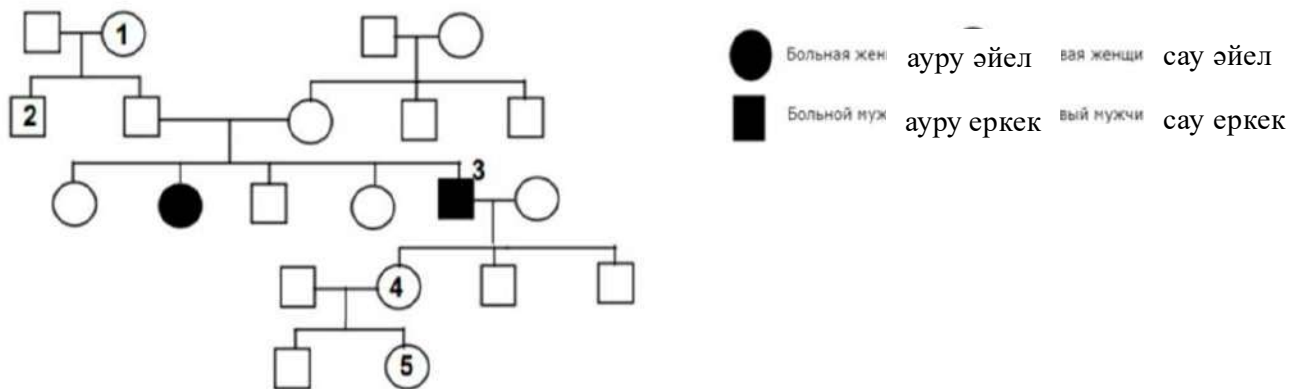
126. Бұл әдістің негізінде адамда болатын түрлі белгілер мен қасиеттердің немесе аурулардың тұқым қуалауын оның шыққан тегіне қарай зерттеу жатады: А) генеологиялық әдіс В) егіздік әдіс С) популяциялық әдіс D) цитогенетикалық әдіс E) биохимиялық әдіс

127. Медициналық кейбір дәрілік препараттарды пайдаланғанда адамдардың генетикалық бейімділігіне байланысты дамитын ауруларды зерттейтін генетиканың жаңа бөлімі: А) жаңа генетика В) фармакогенетика С) дәрілік генетика D) экогенетика E) паратиптік генетика

128. Псориаз және диабеттің генетикалық негізінің байқалуы: А) аурудың жиілігі монозиготалы егіздерде дигетерозиготаларға қарағанда анағұрлым жоғары В) аурудың жиілігі дигетерозиготалы егіздерде дигетерозиготаларға қарағанда анағұрлым жоғары С) монозиготалы егіздерде дискорданттылық жоғары D) дизиготалы егіздерде конкорданттылық жоғары E) монозиготалы егіздерде конкорданттылық төмен.

129. Пробанд туа біткен катарактамен ауырады. Ол дені сау әйелге үйленген және науқас қызы мен дені сау ұлы бар. Пробандтың әкесі катарактамен ауырады, ал анасы сау. Пробандтың анасының дені сау әпкесі және дені сау ата-анасы бар. Әкесінің атасы ауырады, ал әжесі сау. Пробандтың әкесі жағынан дені сау көкесі мен тәтесі бар. Көкесі дені сау әйелге үйленген. Олардың үш ұлы (пробандтың әкесі жағынан немере ағалары) сау. Пробандтың қызының отбасында ауру немерелерінің өмірге келу ықтималдығы қандай, егер ол осы типтегі катаракта бойынша гетерозиготалы ер адамға тұрмысқа шықса?

130. Сіздің алдыңызда белгілі бір ауруға шалдыққан бір отбасының шежіресі берілген. Бұл ауру толық пенентранттылықты көрсетеді және популяцияның 25%-да кездеседі.



Осы шежіре туралы **ДҰРЫС** және **ДҰРЫС ЕМЕС** мәлімдемелерді көрсетіңіз

- А) Берілген шежіре Х-ке тіркесіп тұқым қуалайды **ДЕ**
- Б) 4 нөмірлі ағзаның генотипі гетерозиготалы **Д**
- В) 5 нөмірлі ағзаның тасымалдаушы болу мүмкіндігі $\frac{2}{3}$ **ДЕ**
- Г) 1 нөмірлі ағзаның тасымалдаушы болу мүмкіндігі $\frac{2}{3}$ **Д**

Бақылау сұрақтары

1. Адамның генетикалық нысан ретіндегі ерекшеліктері.
2. Адамның тұқым қуалаушылығын зерттеудің әдістері.
3. Генеалогиялық әдістің негізі - адамдағы тұқым қуалауды оның шыққан тегіне қарай зерттеу.
4. Адамдағы жиі кездесетін тұқым қуалайтын аурулар.
5. Адам генетикасын зерттеудің жетістіктері.

ГЛОССАРИЙ

Айқас будандастыру – гомологты хромосомалар мейоздық бөліну кезінде бір-бірімен айқасып, сәйкес үлескілермен алмасу процесі.

Аллельді гендер – хромосомалардағы тиісті учаскілерінде орналасқан бір геннің әртүрлі түрлері.

Аутосома – бұл жыныстық хромосомалардан бөлек кез-келген хромосома.

Биологиялық алға басу (прогресс) – бұл белгілі бір уақыт ішінде биологиялық ағзалардың, түрлер мен популяциялардың өзгеруі мен жақсару процесі.

Биологиялық кері кету (регресс) – ағзалар мен түрлер өздерінің бейімделу сипаттамаларын жоғалтып, неғұрлым қарапайым формаларға қайта оралатын биологиялық прогреске кері процесс.

Гаметалар – жаңа ағзаны қалыптастыру үшін көбею және қосылу процесіне қатысатын арнайы жасушалар.

Гемофилия – қан кетудің генетикалық бұзылуы, бұл қан кетуге бейімділіктің жоғарылауына әкеледі.

Ген – организмнің тұқым қуалаушылық қасиеттері туралы ақпаратты кодтайтын ДНҚ (дезоксирибонуклеин қышқылының) учаскесі.

Гендік қор (генофонд) – бұл популяциядағы немесе ұрпақтан-ұрпаққа берілетін түрлердегі барлық генетикалық материалдардың (генотиптердің) жиынтығы.

Геном – бұл ағзаның жасушаларындағы генетикалық ақпараттың толық жиынтығы.

Генотип – ағзаның жасушаларындағы генетикалық ақпарат, ол оның тұқым қуалайтын белгілері мен сипаттамаларын анықтайды.

Гетерозиготты ағза – белгілі бір белгінің гендері екі түрлі аллельмен ұсынылған организм.

Гетерозис – бірінші ұрпақ ұрпақтарының ата-анасымен салыстырғанда төзімділігі мен күшінің жоғарылауымен сипатталатын организмдердің қасиеті.

Гибридологиялық әдіс – бұл генетика мен селекцияда пайдаланылатын әдіс, ол гибридіті ұрпақ алу үшін екі түрлі генотипті немесе түрлерді будандастыру болып табылады.

Гомозиготты ағза – белгілі бір геннің екі аллелі бірдей ағза.

Гомологиялық хромосомдар – шамамен ұзындығы, центромераның орналасуы бірдей және боялған кезде бірдей үлгі беретін хромосома жұбы.

Дигибридті будандастыру – бұл екі жұп балама белгілермен және сәйкесінше, екі жұп аллельді гендермен ерекшеленетін дарақтардың будандасуы.

Доминантты ген – бұл гомо-және гетерозиготалы күйдегі белгінің көрінісін анықтайтын аллель. Бұл жағдайда белгі доминантты (басым) деп аталады.

Жыныстық хромосомалар – ағзаның жынысын анықтайтын бір жұп хромосома.

Кодоминанттылық (тәуелсіз көрініс) – гетерозиготалы организмде белгінің қалыптасуына екі аллельдің де қатысуы.

Конъюгация – бұл кейбір бактериялар мен протистерде болатын генетикалық процесс, бұл олардың генетикалық материалды өзара алмасуына мүмкіндік береді. Конъюгация процесінде екі организм ДНҚ тасымалданатын пилус деп аталатын уақытша құрылымды құрайды.

Моногибридті будандастыру – бір-бірінен баламалы белгілердің бір жұбымен ғана ерекшеленетін дарақтарды будандастыру.

Мутация – бұл организмнің фенотипіне (сыртқы сипаттамалары мен функциялары) әсер етуі мүмкін генетикалық құрылымындағы өзгеріс.

Өзгергіштік – организмдердің жаңа белгілерге ие болу қабілеті.

Полигибридті будандастыру – бұл бірнеше балама белгілермен және сәйкесінше бірнеше аллельді гендермен ерекшеленетін дарақтардың будандасуы.

Репродуктивтілік – ағзалардың көбею және олардың генетикалық ерекшеліктерін ұрпаққа беру қабілеті.

Таза линия (іріктемелер, қолтұқымдар, штаммалар) – гендердің бір немесе бірнеше аллель бойынша гомозиготты жиынтығы; өсімдіктердің өздігінен немесе өзара тоздандығанда белгілердің ыдырауы байқалады.

Толық доминанттылық – бұл доминантты ген рецессивті геннің жұмысын толығымен тежеп, нәтижесінде доминантты қасиеттің дамуы.

Толымсыз доминанттау – бұл доминантты ген рецессивті геннің жұмысын толығымен тежемей, нәтижесінде аралық қасиеттің дамуы.

Тұқымқуалау – ата-анадан ұрпаққа генетикалық ақпараттың берілуі. Тұқым қуалаушылық хромосомалар арқылы жүзеге асады, олардың құрамында гендер – белгілі бір белоктарды кодтайтын және физикалық және биологиялық қасиеттерімізді анықтайтын ДНҚ бөлімдері бар.

Фенотип – онтогенез (жеке даму) нәтижесінде пайда болған организмнің сыртқы және ішкі белгілерінің жиынтығы.

Хроматин – ДНҚ-дан, нәруыздардан және РНҚ-дан тұрып хромосомаларды құрайтын кешенді құрылым.

Хромопластар – бұлқұрамында пигменттері бар және өсімдік жасушаларында пигменттердің синтезі мен жиналуына жауап беретін пластидтердің бір түрі немесе органелла. Олар өсімдіктердің түс түзілуінде және түсін сақтауда маңызды рөл атқарады.

Хромосома – гендердің белгілі бір жиынтығын қамтитын жасуша ядросының құрылымдық элементі.

Цитология – бұл жасушаларды, олардың құрылымын, қызметтері мен ішінде жүретін процестерін зерттейтін ғылым.

Цитоплазма – плазмалық мембрана мен ядро арасында орналасқан жасушаның маңызды бөлігі.

Эмбриология – эмбрионның дамуын зерттейтін ғылым (жұмыртқа жасушасының ұрықтанғаннан кейін ағзаның дамуының бастапқы кезеңі).

Эукариоттар – генетикалық ақпараты ядроарналасқан жасушалары бар организмдер.

Ядро – ДНҚ түріндегі жасушаның генетикалық ақпаратынан тұратын мембраналық органоид.

Ядрошық – ядроішінде орналасқан шағын құрылым. Олақуыз синтезі процесінде шешуші рөл атқаратын кішкентай органеллалар–рибосомалардың синтезіне жауап береді.

Утаубаева А.У.

ГЕНЕТИКА

(практикум)

Уральск, 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Закон Республики Казахстан «Об образовании» и другие документы, относящиеся к сфере образования, указывают на необходимость подготовки высшими учебными заведениями специалистов, обладающих всесторонними знаниями, широким кругозором, высокой культурой, умением мыслить по-новому.

Генетика – одна из новых точных наук. Её основная задача — изучение двух основных свойств живой природы — наследственности и изменчивости. Методологическая роль генетики в образовании предопределяет особые требования к ее преподаванию, в которой должны сочетаться широта охвата, научная глубина и доступность изложения.

Усвоение любых теоретических курсов, несомненно, осуществляется через практические занятия. Такие занятия позволяют понять и запомнить фактическую информацию и развивать творческое мышление. Овладение основами наследственности, использование гибридологического метода в изучении наследственности и изменчивости являются основными задачами учебных пособий, создаваемых в области генетики.

В своих экспериментах (т. е. путем решения задач) студенты и учащиеся должны убедиться, что генетика основана на строгих законах, которые позволяют им предвидеть какое-либо явление и точно вычислять его количественные закономерности. Они должны научиться самостоятельно решать различные типы задач, чтобы могли овладеть законами генетики. Это также имеет большое значение в формировании у обучающихся мышления самостоятельной исследовательской деятельности, предприимчивости и ловкости. Задачи по генетике помогают разобраться в самом базовом узле теории, глубже понять ее сущность, продуктивно применить и творчески использовать знания на практике.

Предлагаемый практикум по генетике направлен на достижение этих целей.

В данный практикум включены задачи, охватывающие основные главы курса «Генетика», а также методы их решения и ответы. Как метод моделирования сложных генетических процессов в этом пособии широко используется решения задач. Для этого отобраны наиболее значимые темы, подобранные задачи приведены для отработки приемов их решения.

Практикум «Генетика» разработан для учителей биологии, студентов и магистрантов вузов, учащихся средней общеобразовательной школы.

I. МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, называется *моногибридным скрещиванием* (рис. 1). Моногибридное скрещивание – самый простой тип скрещивания. При моногибридном скрещивании анализируется только одна аллельная пара генов. Для успешного решения задач на моногибридное скрещивание необходимо также четко знать правило «частоты гамет», согласно которому в каждую гамету попадает только один ген из каждой пары, определяющий развитие признака.

Чтобы упростить решение генетических задач, для обозначения генов используют символы, состоящие из начальных букв латинского алфавита. При знакомстве с темой решаются задачи на возвратное, анализирующее и реципрочное скрещивания. При решении задач предоставляется возможность доказать первый и второй законы Грегора Менделя, определить действие генов, генотип родителей и потомства, рассчитать фенотипические и генотипические классы и т. д. Таким образом, у обучающихся формируются необходимые предметные навыки.

При написании генетических задач используются ряд символов:

P (parents) – родитель

F (filia, filius) – поколение, F индекс, помещенный рядом с символом 1,2,3, указывает порядковый номер потомства, F₁ – первое поколение, F₂ - второе поколение и.д.

x - символ скрещивания

♀ - материнская особь

♂ - мужская

G - гаметы

A – доминантный ген, **a** – рецессивный ген

Оформление задачи начинается с записи Дано (действие генов (какой признак является доминантным, а какой - рецессивным), все о родителях и потомстве. Если действие генов не дано, то задача начинается с записи родителей и потомства), далее записывают что необходимо Найти, потом переходят к решению и в конце записывается ответ. Чтобы определить действие генов в процессе решения задачи, необходимо посмотреть на их потомство и определить на основании первого или второго законов Г. Менделя.

Для определения генотипов родителей помогают рецессивные и доминантные признаки и количество потомства. Если *рецессивный признак* проявляется у потомства, то *рецессивный ген* присутствует у обоих родителей, а если *рецессивный признак* не проявляется у потомства, то *рецессивный ген* отсутствует у одного из родителей. Если количество потомков - двое, то генотип одного из родителей был гетерозиготным, другого – гомозиготным, а если потомства были – 4, то генотипы обоих родителей были гетерозиготными и т. д.

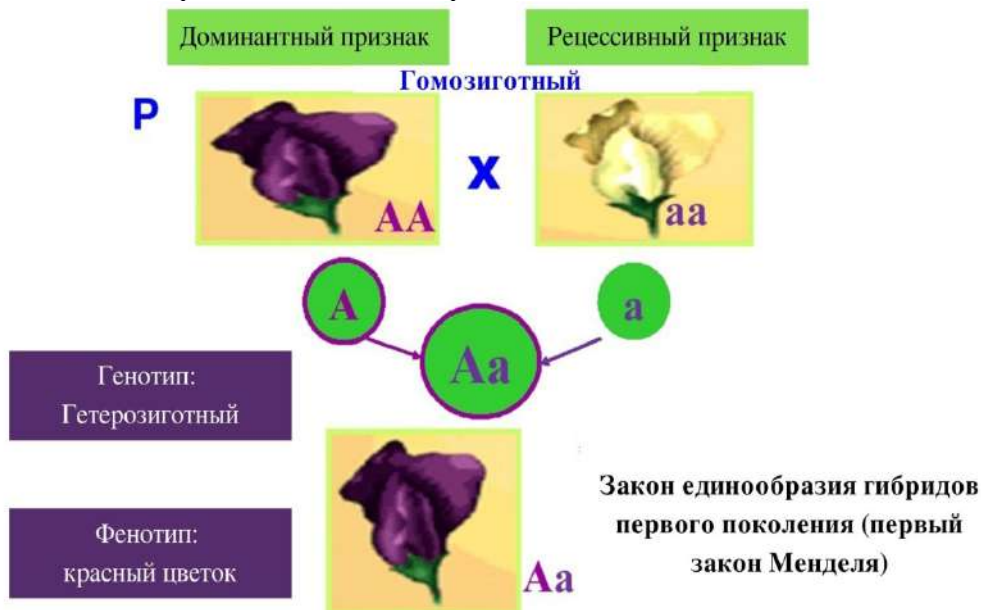


Рисунок 1. Схема моногибридного скрещивания

При проведении экспериментальных работ по изучению характера наследования рецессивного признака, для определения достоверности результатов по расщеплению этого признака в F_2 , в качестве примера используется таблица 1.

Таблица 1. Результаты количественного анализа исследования окраски тела у дрозофилы (моногибридное скрещивание)

	Число мух		
	Серых	Черных	Всего
Материнская линия.....	0	Все	
Отцовская линия	Все	0	
F_1	Все	0	
F_2			
Фактическое расщепление-данные, полученные студентом (р).....	78	18	96
Ожидаемое отношение.....	3	1	4
Теоритически ожидаемое расщепление (q).....	72	24	96
Отклонение (d).....	+6	-6	
d^2	36	36	
$x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,50 + 1,50 = 2,00;$ $n' = 1; P > 0,05$			
F_2			
Фактическое расщепление-суммарные данные, полученные всеми студентами группы (р).....	1199	385	1584
Ожидаемое отношение.....	3	1	4
Теоритически ожидаемое расщепление (q).....	1188	396	1584
Отклонение(d).....	+11	-11	
d^2	121	121	
$x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,10 + 0,31 = 0,41;$ $n' = 1; P \gg 0,05$			
F_b			
Данные, полученные студентом.....	66	58	124
Фактическое расщепление-суммарные данные, полученные всеми студентами группы (р).....	504	486	990
Ожидаемое отношение.....	1	1	2
Теоретически ожидаемое расщепление (q).....	495	495	990
Отклонение (d).....	+9	-9	
d^2	81	81	
$x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,16 + 0,16 = 0,32;$ $n' = 1; P \gg 0,05$			

Статистическая обработка полученных результатов. Полученное в опыте в F_2 и F_b соотношение серых и черных мух отличается от теоретически ожидаемого 3 : 1 или 1:1. Решение вопроса о том, случайно ли это различие или расщепление не соответствует теоретически ожидаемому, возможно только с помощью статистических методов. Очень прост и удобен метод x^2 (хи-квадрат). Применение этого метода сводится к расчету величины x^2 и ее оценке. Расчет осуществляется по формуле 1:

$$x^2 = \sum \frac{d^2}{q} \quad (1)$$

где Σ — знак суммы, q — теоретически ожидаемое число особей с определенным признаком; d — отклонение фактически полученных данных от теоретически ожидаемых для каждого класса ($p - q$). В процессе расчетов сначала составляют таблицу по классам расщепления на основании опытных числовых данных (p). Затем из суммы частот всех классов, составляющей объем выборки, вычисляют теоретически ожидаемые величины (q) для каждого класса соответственно предполагаемой формуле расщепления (3 : 1, 1 : 1 и т. п.). Далее определяют отклонение (d) полученных данных от теоретически ожидаемых для каждого класса. Каждое отклонение d возводят в квадрат (d^2), делят его на теоретически ожидаемое число (q) для данного класса. Затем все частные суммируют и получают величину согласно приведенной формуле. Оценка величины производится по таблице Фишера (табл. 2).

Таблица 2. Таблица значений χ^2 при разных степенях свободы (по Фишеру, с сокращением)

Число степеней свободы (n')	Вероятность P	
	0, 05	0, 01
1	3, 841	6, 635
2	5, 991	9, 210
3	7, 815	11, 341

В таблице обозначены вероятности (P) 0,05 и 0,01. Что они означают? При рассмотрении формулы видно, что при полном соответствии опытных и теоретических данных χ^2 равен нулю. Если χ^2 не равен нулю, то всегда при применении этого метода предполагают, что различия сравниваемых величин случайны (эта гипотеза называется нулевой). Вероятность, указанная в таблице, и есть не что иное, как вероятность этой нулевой гипотезы. Вероятность 0,05 говорит о том, что если сравниваемые величины отличаются случайно, то значение χ^2 , указанное в таблице, может появиться только в 5 выборках из 100 подобных. В статистике же принято считать, что события, имеющие вероятность 0,05 и меньше, практически не встречаются. Значит, указанное в таблице значение χ^2 в колонке 0,05 говорит о том, что различия между сравниваемыми величинами нельзя считать случайными, т. е. нулевую гипотезу необходимо отвергнуть. Вероятность 0,01 говорит о том же, только появление значения указанного в таблице, возможно лишь один раз на 100, если различия случайны, т. е. еще более редко. Вот почему при значении равно или большем, чем указано в таблице, нулевая гипотеза отвергается, т. е. считают различия сравниваемых величин не случайными, а закономерными. В остальных случаях (когда χ^2 меньше табличного) принимают нулевую гипотезу, т. е. считают различия случайными. И наконец, что значит число степеней свободы, которое определяет строку в таблице? Число степеней свободы — это число независимо рассчитанных теоретически ожидаемых величин. В рассматриваемом примере рассчитаны две теоретически ожидаемые величины (число серых и черных мух). Однако если рассчитать число серых мух, то число черных можно определить уже автоматически, оно зависит от суммы и числа серых мух. Следовательно, число независимо рассчитанных величин здесь равно единице. Это и есть степень свободы. В общем виде число степеней свободы при анализе расщепления всегда равно числу различных классов особей минус 1. Критерий χ^2 дает надежные результаты, если объем выборки более 50, а теоретически ожидаемые частоты в классах не менее 5. Проведите статистическую обработку результатов расщепления F_2 по собственным данным (самостоятельно) и по суммарным данным, полученным всеми студентами группы, исходя из ожидаемого отношения 3:1. Докажите, что полученное расщепление соответствует теоретически ожидаемому отношению. В рассматриваемом примере 1 степень свободы и $\chi^2 = 2,00$ и 0,41, что меньше, чем указанные в первой строке значения $\chi^2 = 3,841$ и 6,635. Это значит, что различия между полученными в опыте и теоретически ожидаемыми величинами случайны. Убедитесь, что расщепление соответствует ожидаемому 3 : 1 тем точнее, чем большее количество мух проанализировано. Суммарные данные, полученные всеми студентами группы, дают лучшее совпадение с ожидаемым отношением ($P \gg 0,05$), чем данные одного студента ($P > 0,05$). Аналогичным образом проведите статистическую обработку расщепления в F_b по суммарным данным, полученным всеми студентами группы. Докажите, что оно соответствует ожидаемому отношению 1:1.

Задачи

1.* У андалузских кур факторы черного оперения «R» и белого оперения «г» в гетерозиготном состоянии дают голубую окраску. Какое потомство дает голубая андалузская курица при скрещивании с особями, имеющими следующее оперение: черное, голубое, белое.

2. У томатов ген, обуславливающий красный цвет плодов, доминирует над геном желтой окраски. Какие по цвету плоды окажутся у растений, полученных от скрещивания гетерозиготных красноплодных растений с желтоплодными?

3. Гигантский рост растения овса является рецессивным признаком, нормальный рост – доминантным. Какие растения надо скрестить, чтобы получить однородное по росту потомство?

4.* Серый цвет тела мухи дрозофилы доминирует над черным.

а) В серии опытов по скрещиванию серой мухи с черной получено 90 серых особей и 88 черных. Определите генотипы родительских форм.

б) При скрещивании серых мух в потомстве оказалось 1281 особи серого цвета и 356 особей черного цвета. Определите генотипы родительских форм.

5. При скрещивании мух дрозофил, имеющих нормальные крылья, получено потомство в числе 2967 особей. Среди них мух с нормальными крыльями было только 2225, остальные имели загнутые крылья. Определите генотипы родительских форм.

6. У собак черный цвет шерсти доминирует над коричневым. Черная самка несколько раз скрещивалась с коричневым самцом. Всего было получено 10 черных и 12 коричневых щенков. Определите генотипы родителей и потомства.

7.* У человека умение владеть преимущественно правой рукой доминирует над умением владеть преимущественно левой рукой. Мужчина правша, мать которого была левшой, женился на женщине правше, имевшей трех братьев и сестер, двое из которых - левши. Определите возможные генотипы женщины и вероятность того, что дети, родившиеся от этого брака, будут левшами.

8.* Нормальное растение гороха скрещено с карликовым. F_1 — нормальное. Определите, какое будет потомство: от самоопыления F_1 , от скрещивания F_1 с исходным нормальным, от скрещивания F_1 с исходным карликовым растением.

9. У кроликов шерсть нормальной длины доминантна, короткая — рецессивна. У крольчихи с короткой шерстью родились 5 крольчат — 3 короткошерстных и 2 нормальношерстных. Определите генотип и фенотип отца.

10. У крупного рогатого скота ген комолости доминирует над геном рогатости. Какое будет первое поколение (F_1) будет от скрещивания рогатого быка с гомозиготными комолыми коровами? Какое будет (F_2) от скрещивания таких гибридов? Какие телята могут быть от скрещивания комолого быка из F_2 с гибридной коровой из F_1 и от скрещивания между собой двух рогатых особей из F_2 ?

11. Растения красноплодной земляники при скрещивании между собой всегда дают потомство с красными ягодами, а растения белоплодной земляники – с белыми. В результате скрещивания этих сортов друг с другом получаются розовые ягоды. Какое возникнет потомство при скрещивании между собой гибридов с розовыми ягодами? Как происходит действие генов? И что будет, если скрестить красный гибрид фруктов с розовым, а розовый с белым?

12. В стаде черно-пестрого скота новый бык. От него получено 27 телят, из них 7 оказались красно-пестрыми. Только бык в этом «виноват» или и коровы тоже? Как это выяснить? Какова вероятность того, что любая из черных телок, полученных от нового быка, будет носителем нежелательного гена красной окраски?

13. При скрещивании черного петуха с белой курицей цыплята крапчатые, а во втором поколении происходит расщепление: 1 черный к 2 крапчатым и 1 белому. Какое будет потомство от скрещивания крапчатых с черными и белыми?

14. Миоплегия (периодические параличи) передается по наследству как доминантный признак. Определите вероятность рождения детей с аномалиями в семье, где отец гетерозиготен, а мать не страдает миоплегией.

15. Ген глухонемоты рецессивен по отношению к гену нормального слуха.

Какое потомство можно ожидать от брака, если генотипы обоих родителей гетерозиготны? От брака глухонемой женщины со здоровым мужчиной родился глухонемой ребенок. Определите генотипы этих двух родителей.

16. Детская форма амавротической семейной идиотии (Тэя-Сакса) наследуется как аутосомный рецессивный признак и заканчивается обычно смертельным исходом к 4-5 годам.

Первый ребенок в семье умер от анализируемой болезни в то время, когда должен родиться второй. Определить, какова вероятность того, что второй ребенок будет страдать той же болезнью.

17. Альбинизм (отсутствие пигмента в коже, сетчатке и волосах) наследуется у человека как аутосомный рецессивный признак. В семье, где один из супругов альбинос, а другой нормален, родились двуйцевые близнецы, один из которых нормален в отношении анализируемой болезни, а другой альбинос. Какова вероятность рождения следующего ребенка альбиносом?

18. Мужчина с полидактилией женился на нормальной женщине, они имеют 4 детей, и все — с полидактилией. Один из сыновей женился на нормальной женщине. Какова вероятность рождения у них детей с аномалией?

19. У морской свинки курчавая шерсть доминирует над гладкой. Напишите генотипы всех животных в следующих скрещиваниях:

а) $P \text{♀}$ с курчавой шерстью $\times P \text{♂}$ с гладкой $\rightarrow F$ все потомки с курчавой шерстью;

б) $P \text{♀}$ с курчавой шерстью $\times P \text{♂}$ с гладкой $\rightarrow F$ $1/2$ потомков с курчавой шерстью, $1/2$ с гладкой;

в) $P \text{♀}$ с гладкой $\times P \text{♂}$ с гладкой $\rightarrow F$ потомки всегда только гладкошерстные.

20. Мыши генотипа vv — серые. Vv — желтые, VV — гибнут на эмбриональной стадии. Каково будет потомство следующих родителей: желтый \times серая; желтый \times желтая? В каком скрещивании можно ожидать более многочисленного помета?

21*. Гетерозиготные особи сохраняют некоторые аллели, которые имеют летальные последствия для гомозиготных особей. Примером может служить мутантный аллель (M^L), связанный с бесхвостостью у мэнских кошек. Кошки, гомозиготные по этому аллелю ($M^L M^L$), обычно умирают до рождения из-за серьезных дефектов спинного мозга. В случае неполного доминирования у кошек, гетерозиготных по аллелю M^L и нормальному немутированному аллелю (M), хвост короткий, коренастый или вообще отсутствует. Две кошки $M^L M$ спариваются. Какова вероятность того, что любой из их выживших котят будет гетерозиготным?

Решение задач

1*. Сначала пишем дано. В этой задаче помимо действия генов представлены три пары родителей. 1. $P \text{♀}$ -голубой, ♂ -черный; 2. $P \text{♀}$ -голубой, ♂ -голубой; 3. $P \text{♀}$ -голубой, ♂ -белый.

Нужно определить потомство, полученное в результате скрещивания этих трех пар. Теперь мы запишем способы решения и составляем схемы скрещивания.

Материнская особь по фенотипу голубого цвета, а по генотипу - гетерозиготная, поэтому дает два типа гамет (R и r). Самец первой пары по генотипу гомозиготен по доминантному признаку, поэтому дает гаметы одного типа (R). Это возвратное скрещивание. В результате слияния гамет мы получаем потомство от возвратного скрещивания. По фенотипу наблюдалось расщепление: 1 голубой : 1 черный, по генотипу: $1Rr:1RR$. Возвратное скрещивание при неполном доминировании в потомстве дает расщепление по фенотипу и генотипу $1:1$, а при полном доминировании не дает расщепления по фенотипу, а по генотипу - $1:1$.

Самка и самец второй пары фенотипически имеют голубой цвет, их генотипы гетерозиготны, и каждый из них дает по две разные (R и r) гаметы. Если каждый родитель даст по две разные гаметы, то составляем решетку Пеннета. Вертикально пишутся женские гаметы, а мужские гаметы - горизонтально, внутри решетки пишем генотипы потомства. Анализ производится на F_2 заполненной решетке.

F_2

♂	R	r
♀	RR черный	Rr голубой
r	Rr голубой	rr белый

Расщепления F_2 по фенотипу: 1 черный : 2 голубой : 1 белый, по генотипу: $1RR:2Rr:1rr$. Теперь решим последний вопрос задачи. Запишем схему скрещивания: $P \text{♀}-Rr \times \text{♂}-rr$. Определяем типы гамет: генотип самки - гетерозиготен, и в итоге дает два типа гамет - R и r , генотип самца по рецессивному признаку гомозиготен, поэтому дает только один тип гамет - r . В результате слияния гамет возникли две особи. Это анализирующее скрещивание. При анализе

потомства по фенотипу: F_b 1 голубой : 1 белый, по генотипу: 1Rr:1rr. Оформляем задачу следующим образом:

Дано:

- R – черный
 r – белый
 Rr – голубой
 1. P ♀ Rr ♂ RR
 2. P ♀ Rr ♂ Rr
 3. P ♀ Rr ♂ rr

Найти:

F-? F₂-? F_b -?

Решение:

1. P ♀ R r x ♂ RR
 G R r R
 F RR Rr
 1 черный : 1 голубой
 2. P ♀ Rr x ♂ Rr

	♂	R	r
♀	R	RR черный	Rr голубой
	r	Rr голубой	rr белый

F₂ 1 черный: 2 голубой: 1 белый

3. P ♀ Rr x ♂ rr
 G R r r
 F_b Rr rr
 1 голубой : 1 белый

- Ответ:** 1. F- 1 черный : 1 голубой
 2. F₂- 1 черный : 2 голубой : 1 белый;
 3. F_b 1 голубой : 1 белый

4. Сначала пишем действие генов (A – серый, a - черный). Даны две разные пары родителей и их потомство: а) P ♀серый, ♂черный, F 90 серый: 88 черный; б) P ♀серый, ♂серый, F₂ 1291 серый; 356 черный. Необходимо определить генотипы обеих пар родителей.

Теперь мы запишем способы решения и составляем схемы скрещивания. Мы не можем сразу записать генотип самки первой пары, потому что, ее фенотип будет серым, даже если ее генотип гомозиготен или гетерозиготен по доминантному признаку. Поэтому мы не записываем полный генотип самки, а определяем его в решении задачи. Для этого сначала ищем рецессивный признак в потомстве. Потомство имеет рецессивный признак (90 aa), следовательно, рецессивный ген присутствовал у обоих родителей. Самец имеет рецессивный ген, поэтому запишем рецессивный ген самке, то есть она гетерозиготная (Aa) по генотипу. Поскольку это анализирующее скрещивание, результат будет по расщепление по фенотипу: 1 черный : 1 серый и по генотипу 1Aa : 1aa. А если сократить числа 88 и 90, то получится приблизительно расщепление 1:1.

Теперь ответим на второй вопрос. Составляем схему скрещивания.

P ♀A- x ♂A-. Генотипы родителей неизвестны. Поэтому ищем рецессивный признак в потомстве (356 aa). Запишем рецессивный ген обоим родителям, их генотипы оказались гетерозиготными (Aa). Составим решетку Пеннета, получим F₂ и проведем анализ потомства.

F₂

	♂	A	a
♀	A	AA серый	Aa серый
	a	Aa серый	aa черный

Расщепления по фенотипу: 3 серых : 1 черный, по генотипу: 1AA:2Aa:1 aa. А если сократить числа 1291 и 356, то получится соотношение примерно 3:1. Также количество потомства F₂ помогает определить генотип родителей. Для того чтобы дать всего 4 потомства, каждый родитель должен дать по 2 типа гамет, то есть быть гетерозиготным по генотипу. Итак,

мы можем найти генотип родителей двумя способами. Задачу можно оформить следующим образом.

Дано:

A – серый

a – черный

а) P ♀ A - ♂ aa

F_T 90A : 88 aa

б) P ♀ A♂A-

F₂ 1291 A- : 356 aa

Найти:

P - ?

Решение:

P ♀ Aa x ♂ aa

F_b 90A- : 88 aa

G A a a

F_b Aa aa

1 серый : 1 черный

P ♀ Aa x ♂ Aa

F₂ 1291 A- : 356 aa

3 серый : 1 черный

Ответ: а) P ♀ Aa ♂ aa; б) P ♀ Aa ♂ Aa

7*. Сначала разберем дано задачи. Помимо действия генов даны три брата и сестра женщины создавшей семью и мать мужчины. Мы пишем этих данных людей в скобках рядом с мужчиной и женщины, которые вступают в брак. Мужчины и женщины — правши. Нужно определить генотип женщины и вероятность рождения левши в потомстве.

В строке решение запишем схему скрещивания. Мы определяем генотип женщины, глядя на трех ее братьев и сестер. Двое ее родственников левши. Это означает, что у братьев и сестер был ген левши, принадлежавший к генотипам их родителей, которые находились в скрытом состоянии или один из их родителей был левшой. Если предположить первый вариант, генотип женщины может быть AA или Aa.

А во втором варианте это будет только Aa. Таким образом, мы приходим к двум различным решениям: генотип женщины, скорее всего, будет Aa или AA. А так как мать мужчины левша, то его генотип обязательно будет гетерозиготным Aa, потому что парень правша. Он унаследовал доминантный ген от отца и рецессивный ген от матери. Таким образом, мы определили генотипы женщины и мужчины по их близким родственникам и родителям.

Дано:

A - правша

a - левша

P ♀ A - (P ♀ aa, 2♂aa)

P ♂ A- (P ♀ aa)

Найти:

P ♀ - ? F% aa - ?

Решение:

1. P ♀ AA x P ♂ Aa

G A A a

F AA Aa

правша правша

2. P ♀ Aa x ♂ Aa

	♂	A	a
♀	A	AA правша	Aa правша
	A	Aa правша	aa левша

F₂ 3 правши : 1 левша

4 - 100%

1 - x

x = 100 / 4 = 25%

Ответ: 1. P ♀ AA F 100% правшей

2. P ♀ Aa F 25 % левшей

8. Сначала пишем дано. Действие генов не дано, поэтому сразу пишем родителей и потомства: 1. P ♀ нормальное, ♂ карликовое; F₁-нормальное. 2. P ♀ F₁ ♂ нормальное. 3. P ♀ F₁ ♂ карликовое. Нужно получить потомство и F₂, которые возникают в результате скрещивания родителей.

Сначала запишем в решение схему скрещивания. Родительские формы пишутся словами. Р♀ нормальное х ♂ карликовое, F₁ нормальное. На основании приведенного выше правила определяем, что нормальный рост является доминантным признаком, а карликовость – рецессивным признаком. Теперь запишем эту схему скрещивания по генотипу, то есть будем проводить реципрокное скрещивание. Оформляем задачу.

Дано:

1. Р♀ нормальное, ♂ карликовое
F₁ нормальное
2. Р♀ нормальное, ♂ нормальное
3. Р♀ нормальное, ♂ карликовое
4. Р♀ F₁ ♂ F₁

Найти:

A - ? a - ? F₁ - ? F - ? F₂ - ?

Решение:

1. Р ♀ норм. х ♂ карлик.
F₁ нормальное
A – нормальное, a – карликовое
Р ♀ AA х ♂ aa
G A a
F₁ Aa нормальное
2. Р ♀ Aa х ♂ AA
G A a A
F AAAa
норм. норм.
3. Р ♀ Aa х ♂ aa
G A a a
F_b Aa aa
1 нормал. : 1 карлик.
4. Р ♀ Aa х Р ♂ Aa
F₂ 3 нормальное : 1 карликовое

- Ответ:** 1. A – нормальное, a – карликовое, F₁ – нормальное
2. F- все нормальные
3. F_b- 1 норм. : 1 карлик.
4. F₂ 3 норм. : 1 карлик.

21. Оформим задачу следующим образом

Дано:

M- нормальный
M^L - бесхвостость
M^LM - хвост короткий,
коренастый или отсутствует
Р ♀ M^LM ♂ M^LM

Найти:

F% M^LM - ?

Решение:

Р ♀ M^LM х ♂ M^LM
G M^L M , M^L M
F M^L M^L M^LM M^LM MM
летальный хвост короткий, нормальный
коренастый или
его нет

При вычислении вероятности не учитываются летальные особи, таким образом 2/3 короткохвостых M^LM и 1/3 с нормальным хвостом MM

Ответ: F% M^LM: 2/3 или 67%

Контрольные вопросы

1. Какие основные правила применяются при решении генетических задач?
2. Какие типы скрещивания вам известны? Приведите примеры.
3. Как доказать первый и второй законы Менделя?
4. Каковы различия между полной и неполной доминантностью?
5. Для чего используется статистическая обработка в генетике?

II. ДИГИБРИДНОЕ И ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Дигибридное скрещивание – скрещивание организмов, отличающихся по двум парам альтернативных признаков (рис. 2). Гены продуцирующие эти признаки расположены на разных хромосомах. При полигибридном скрещивании скрещиваются организмы, отличающиеся по 3 и более признакам. При полигибридном скрещивании можно доказать три закона Г. Менделя, вычислить число генотипических и фенотипических классов и др. Задачи ди- и полигибридных скрещиваний в некоторых случаях могут быть рассчитаны без построения решетки Пеннета. Если при моногибридном скрещивании образуется только 2 гаметы, в дигибридном образуется 4 и т. д. Следовательно, мы можем обозначить анализ аллелей как 2^n .

Если вспомнить, что число фенотипического класса при моногибридном скрещивании равно – 2, а число генотипического класса равно – 3, то анализируя поколения, образовавшиеся в решетке Пеннета, мы можем принять номер фенотипического класса – 2^n , а номер генотипического класса – 3^n . Итак, какой бы из полигибридов мы не определяли, мы легко можем найти их генотипические и фенотипические отклонения (вариации). Конечно, использование этих методов условно, ведь надо учитывать, что такие простые методы неприменимы при решении задач анализирующего скрещивание со сложными комбинированными генотипами.

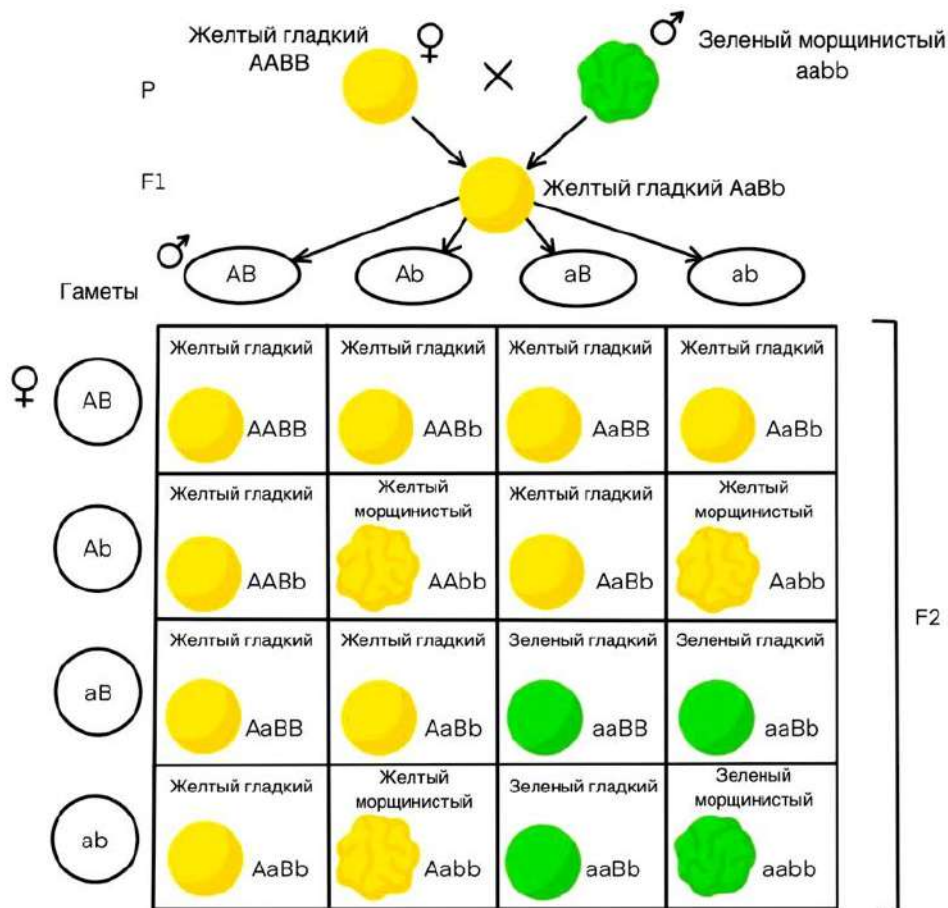


Рисунок 2. Схема дигибридного скрещивание и ее анализ на решётке Пеннета

Задачи

22. *Черный комолый бык – представитель чистой линии скрещивается с красными рогатыми коровами. Какими будут гибриды? Какое окажется следующее поколение, полученное от скрещивания этих гибридов между собой, если известно, что комолость доминирует над рогатостью, а черный цвет шерсти над красным, причем гены обоих признаков находятся в разных хромосомах?

23. Если у кур фактор розовидного гребня R присутствует одновременно с фактором гороховидного гребня B, гребень имеет ореховидную форму; если же одновременно

присутствуют в гомозиготном состоянии оба рецессивных аллеломорфа этих факторов, развивается простой пребель. Особь с ореховидным гребнем, скрещенная с простой, дает ореховидных, розовидных, гороховидных и простых потомков в одинаковых соотношениях. В каком другом скрещивании может получиться подобное расщепление в F_1 ?

24.* У плодов арбуза корка может быть зеленая или полосатая, форма плода – длинная или круглая. Гомозиготное растение с длинными зелеными плодами скрещено с гомозиготным растением, имеющим круглые полосатые плоды. В F_1 плоды круглые зеленые. Какие будут F_2 ? Что повлияет в F_2 на форму с длинными полосатыми плодами? Что получится в F_1 и F_2 при скрещивании сортов с круглыми зелеными и длинными зелеными плодами?

25. У морской свинки курчавая шерсть определяется геном А, гладкая – а; короткая – В, длинная – в; черная окраска шерсти – С, белая – с. Какое будет F_1 и F_2 при скрещивании свинок, различающихся по аллелям всех трех генов? Что получится при скрещивании гибрида F_1 с гладко- и длинношерстной белой свинкой?

26.* Самец морской свинки, имеющий длинную черную курчавую шерсть скрещен с самкой, шерсть которой курчавая короткая и белая. В нескольких пометах этой пары получено 17 курчавых короткошерстных и черных свинок, 15 курчавых длинношерстных черных, 6 гладких короткошерстных черных и 7 гладких длинношерстных черных. Каковы генотипы родителей? Какоё ожидается отношение различных классов? Докажите статистически, соответствует ли расщепление ожидаемому отношению.

27. У фигурной тыквы белая окраска плода доминирует над желтой, а дисковидная форма над шаровидной. Белое дисковидное растение, скрещенное с белым шаровидным, дает:

- 3/8 белых дисковидных,
- 3/8 белых шаровидных,
- 1/8 желтых дисковидных,
- 1/8 желтых шаровидных.

Определите генотипы родителей.

28. Отец с курчавыми волосами (доминантный признак) и без веснушек и мать с прямыми волосами и с веснушками (доминантный признак) имеют троих детей. Все дети имеют веснушки и курчавые волосы. Напишите генотипы родителей и детей.

29. Фенилкетонурия (неспособность усвоения фенилаланина) и одна из редких форм агаммаглобулинемии швейцарского типа (обычно ведет к смерти до шестимесячного возраста) наследуются как аутосомные рецессивные признаки. Успехи современной медицины позволяют снять тяжелые последствия нарушения обмена фенилаланина.

а) Какова вероятность рождения здоровых детей в семье, где оба родителя гетерозиготны по обеим парам патологических генов?

б) Определите вероятность рождения больных фенилкетонурией и надежды на спасение новорожденных в семье, где оба родителя гетерозиготны по обеим парам признаков.

30. Глаукома взрослых наследуется несколькими путями. Одна форма определяется доминантным аутосомным геном, другая – рецессивным, тоже аутосомным, не сцепленным с предыдущим геном.

а) Какова вероятность рождения ребенка с аномалией в случае, если оба родителя гетерозиготны по обеим парам патологических генов?

б) Какова вероятность рождения детей с аномалией в семье, где один из родителей гетерозиготен по обеим парам патологических генов, а другой нормален в отношении зрения и гомозиготен по обеим парам генов?

31. У кур белое оперение доминирует над окрашенным, оперенность голени – над голоногостью, гороховидный гребень – над листовидным.

Скрещена гомозиготная белая с оперенными ногами и гороховидным гребнем курица с окрашенным голоногим с листовидным гребнем петухом. Какая часть белых оперенных с гороховидным гребнем потомков F_2 от этого скрещивания не даст расщепления при скрещивании с окрашенными голоногими с листовидным гребнем птицами?

32.* Окраска цветков ночной красавицы наследуется по промежуточному типу (красные цветки доминируют над белыми, у гетерозигот цветки розовые), а высокий стебель доминирует над карликовым. Если гомозиготное красное высокое растение скрестить с белым карликовым растением, сколько из второго поколения будет похоже на F_1 ?

33. У человека ген карих глаз доминирует над голубыми глазами, а умение владеть преимущественно правой рукой – над леворукостью. Обе пары генов расположены в разных хромосомах.

а) Определите фенотип ребенка, отец которого гетерозиготный черноглазый левша, а мать голубоглазая и гетерозиготная правша.

б) Один из мальчиков и девочек-близнецов, рожденных от брака голубоглазой левши и черноглазого правши, оказался голубоглазым левшой, а другой голубоглазым правшой. Определите генотипы всех людей этого семейства.

34. Полидактилия (шестипалость), близорукость и отсутствие малых коренных зубов передаются как доминантные аутосомные признаки.

а) Какими будут фенотипы детей, рожденных от брака гетерозиготных членов семьи у этих трех пар?

б) Мужчина без коренных зубов женат на близорукой девушке с шестью пальцами. Отец мальчика здоров во всех трех парах, а у матери нет нижних коренных зубов, но зрение и пальцы в норме. Хотя у матери девочки было шесть пальцев, а у отца была близорукость, оба они были здоровы по третьей паре признаков. Каковы будут фенотипы детей от этого брака? Возможно ли иметь здорового ребенка со всеми тремя парами генов?

35. У душистого горошка высокий рост (D) доминирует над карликовым (d), зеленая окраска бобов (P) – над желтой (p), а круглая форма семян (R) – над морщинистой (r). Ответьте на вопросы:

а) Какое будет потомство следующих скрещиваний (даны генотипы родителей):

$P_{\text{♀}}DDPp Rr \times P_{\text{♂}}dd Pp rr$

$P_{\text{♀}}DDPP Rr \times P_{\text{♂}}Dd Pp Rr$

$P_{\text{♀}}dd pp Rr \times P_{\text{♂}}Dd Pp rr$

$P_{\text{♀}}Dd Pp rr \times P_{\text{♂}}dd Pp Rr$

б) Каков будет фенотип гибридов F_1 от скрещивания гомозиготного карликового душистого горошка с зелеными морщинистыми семенами с гомозиготным высоким желтозерным крупнозерным горошком? Какие гаметы будут образовываться у гибрида F_1 ? Каково будет расщепление в F_2 и обоих F_b ?

36. От скрещивания двух сортов земляники, один из которых имеет усы и красные ягоды, а у второго ягоды белые и усы отсутствуют, растения F_1 имеют усы и розовые ягоды. Можно ли вывести сорт с розовыми ягодами и безусый?

37. При возвратном скрещивании гибрида F_1 из задачи № 35 с безусым растением, имеющим белые ягоды, получилось следующее расщепление: 12 растений усатых с розовыми ягодами, 15 усатых с белыми ягодами, 16 безусых с белыми ягодами и 14 безусых с розовыми ягодами. Какое вы ожидаете отношение к F_b ? Докажите статистически, соответствует ли полученное расщепление этому отношению.

38. Мать имеет свободную мочку уха (доминантный признак) и гладкий подбородок, а отец — несвободную мочку уха и треугольную ямку на подбородке (доминантный признак). Сын имеет свободную мочку уха и треугольную ямку на подбородке, а дочь имеет те же признаки, что у матери. Напишите возможные генотипы родителей и детей.

39. У томатов красная окраска плода определяется доминантным геном – R, желтая – r, нормальный рост растения – D, карликовый – d, а дисковидная форма – P, шаровидная – p.

Высокое красно- и круглоплодное растение томата, скрещенное с карликовым желто- и круглоплодным, дало в потомстве следующее расщепление (табл. 3). Объясните полученные результаты.

Таблица – 3

<i>Рост растения</i>	<i>Окраска плодов</i>	<i>Форма плодов</i>	<i>Количество</i>
нормальное	желтая	круглая	57
нормальное	красная	круглая	60
карликовое	желтая	круглая	58
карликовое	красная	круглая	61

нормальное	желтая	длинная	22
нормальное	красная	длинная	19
карликовое	желтая	длинная	20
карликовое	красная	длинная	21

40. Каковы фенотипы первого поколения, полученного при скрещивании томатов, гетерозиготных по трем парам генов, приведенных в задаче № 38?

Запишите результаты F_2 и F_b , которые в дальнейшем скрестили с этими поколениями.

41. У мух дрозофил серый цвет тела и нормальные крылья обусловлены доминантными основными признаками. Были скрещены две мухи с нормальными крыльями и черного цвета, и все полученное потомство имело черные тела, но $3/4$ из них имели нормальные крылья, а $1/4$ – короткие. Определите генотипы родителей и потомства.

42. Две разные породы шелковичного червя представляют собой поколения, различающиеся следующими характеристиками: одна производит червей с желтыми коконами, а другая – белых полосатых червей. В первом поколении все шелковичные черви были полосатыми и имели желтый кокон. Во втором поколении получены следующее расщепление: 6385 – полосатые черви, плетущие желтые коконы, 2147 – полосатые с белыми коконами, 2099 – одноцветные желтые коконы, 691 – одноцветные белые коконы. Определите генотипы первого и второго поколений с первичными формами.

Решение задач

22*. Запишем дано. Приведены действие генов. Отмечено, что черный комолый самец чистопородный, то есть его генотип гомозиготен по доминантным признакам. Необходимо найти поколение F_1 в результате скрещивания гомозиготных организмов и поколение F_2 в результате их взаимного скрещивания. Для решения задачи создадим схему скрещивания и запишем рецiproкное скрещивание: $P \text{♂} AABV \times \text{♀} aавв$. Генотип мужской особи гомозиготен по доминантным признакам, по этой причине дает однотипную гамету АВ, а генотип женской особи гомозиготен по рецессивным признакам, что также дает однотипную гамету ав. Образующийся в результате фенотип $F_1 Aa Bv$ – черный комолый, а его генотип — дигетерозиготный. Поскольку у дигетерозиготные особи дают 4 разных типа гамет, то количество F_2 равно 16, расщепления по фенотипу в F_2 представляют собой 9 черный комолый : 3 черный рогатый : 3 красный комолый : 1 красный рогатый. При создании решетки Пеннета и анализе 16 поколений внутри сетки мы получаем 4 фенотических и 9 генотических классов. Теперь оформляем задачу.

Дано:

A – черный
a – красный
B – комолый
b – рогатый
 $P \text{♀} aавв \text{♂} AABV$

Найти:

F_1 - ?, F_2 - ?

Решение:

$P \text{♀} aавв \times \text{♂} AABV$
G ав АВ

$F_1 Aa Bv$
Черный комолый

$P \text{♀} AaBv \times \text{♂} AaBv$
 F_2

9 АВ + черный комолый
3 Ав ✓ черный рогатый
3 аВ ^ красный комолый
1 ав красный рогатый

Расщепление по генотипу:

1 AABV : 2 AABv : 1 AAbb : 2 AaBV : 4 AaBv : 2 AaBb : 1 aaBV : 2 aaBv : 1 aabb

Ответ: $F_1 Aa Bv$ – черный комолый, F_2 9 черный комолый : 3 черный рогатый : 3 красный комолый : 1 красный рогатый

24*. В дано необходимо сначала записать действие генов. Но гены не даны, поэтому пишем про родителей, потомство и что найти. Следует учесть, что сказано о двух парах родителей. Приступим к решению задачи: Р ♀ зеленый длинный х ♀ полосатый круглый, F₁ зеленый круглый. На основании 1-го закона Менделя находим действие генов: А – зеленый, а – полосатый, В – круглый, в – длинный. Теперь нарисуем схему скрещивания по генотипу: Р ♀ ААвв х ♂ ааВВ. Мы идентифицируем гаметы родителей. В связи с тем, что генотипы женских и мужских особей гомозиготны по доминантным и рецессивным признакам, каждый из них дает один тип гамет, то есть женскую – Ав, мужскую – гамету аВ. F₁ по фенотипу зеленый круглый, по генотипу – дигетерозиготный Аа Вв. Чтобы получить F₂, мы скрещиваем между собой поколение F₁. Женская особь дигетерозиготна по генотипу, поэтому образует 4 типа гамет АВ, Ав, аВ, ав; мужская особь дигетерозиготна, она также образует 4 типа гамет.

Объединяем гаметы и получаем F₂. Проанализировав заполненную решетку Пеннета, получаем расщепление по фенотипу: 9 зеленых круглых : 3 зеленых длинных : 3 полосатых круглых : 1 полосатый продолговатый. После этого проводим аналитическое скрещивание: Р ♀ Аа Вв х ♂ аа вв. Самка образует 4 разные гаметы, самец – 1 тип гамет.

F_b – 1 зеленый круглый: 1 зеленый длинный : 1 полосатый круглый : 1 полосатый длинный, дает число 4 фенотипических классов.

Теперь напишем схему второй пары скрещивания. Так как нужно получить F₁, проводим реципрокное скрещивание: Р ♀ ААВВ х ♂ ААвв. Полученный F₁ по фенотипу – зеленый круглый, а по генотипу – моногетерозиготный ААВв.

Скрещиваем этих особей между собой и получаем F₂. Р ♀ ААВв х ♂ ААВв. Женская особь моногетерозиготна по генотипу, следовательно, дает 2 типа гамет – АВ, Ав; мужская особь дает точно такие же гаметы. Заполняем решетку Пеннета и анализируем полученную F₂. По фенотипу – 3 зеленых круглых : 1 зеленый длинный; а по генотипу – 1 ААВВ:2 ААВв:1 ААвв, замечено расщепление, то есть мы получили по фенотипу – 2, а по генотипу – 3 класса. Таким образом, мы полностью ответили на вопросы задачи. Теперь будем писать решение.

Дано:

1. Р ♀ зеленый длинный
Р ♂ полосатый круглый
F₁ зеленый круглый

2. Р ♀ зеленый круглый
Р ♂ зеленый длинный

Найти:

Действие генов F₁, F₂, F_b

Решение:

1. Р ♀ зеленый длинный х ♂ полосатый круглый

F₁ зеленый круглый

А - зеленый

а - полосатый

В - круглый

в - длинный

Р ♀ ААвв х ♂ ааВВ

G Ав аВ

F₁ АаВв зеленый круглый

Р ♀ АаВв х ♂ АаВв

F₂

9 А-В – зеленый круглый

3 А-вв зеленый длинный

3 ааВ - полосатый круглый

1 аавв полосатый длинный

Р ♀ АаВв х ♂ аавв

G АВ Ав аВ ав ав

F_b

♀ \ ♂	ав	
АВ	АаВв	1 зеленый круглый
Ав	Аавв	1 зеленый длинный
аВ	ааВв	1 полосатый круглый
ав	аавв	1 полосатый длинный

2. Р ♀ ААВВ х ♂ ААвв

Гаметы АВ Ав

F_1 ААВв зеленый круглый
 P ♀-ААВв х ♂ААВв
 F_2
 3 зеленый круглый: 1 зеленый длинный
 1ААВВ : 2 ААВв : 1 ААвв

Ответ: 1. А – зеленый, а – полосатый, В – круглый, в – длинный

F_1 зеленый круглый

F_2 9 зеленый круглый: 3 зеленый длинный: 3 полосатый круглый: 1 полосатый длинный

F_T 1 зеленый круглый : 1 зеленый длинный: 1 полосатый круглый: 1 полосатый длинный

2. F_2 3 зеленый круглый : 1 зеленый длинный

25*. Пишем дано. Внимательно прочитав задачу, замечаем, что действие генов, F_1 не дано. Эта задача связана с предыдущей задачей, т. е. мы записываем действие генов из задачи № 24. После этого нужно записать данное про родителей: P ♀А-В-сс, ♂А – вв-С . Мы не можем сразу написать полный генотип родителей, и, поэтому, доминантные гены пишутся без пары. А теперь пишем потомство F 17 А-В-С-, 15 А – ввС-, 6аа В –С-, 7 аа вв С-. Требовалось определить родительские генотипы, соотношения классов и соответствия статистических ожиданий.

Запишем схему скрещивания для решения задачи: P ♀А-В-сс х ♂А -ввС-. На основании правил определяем генотип родителей, глядя на потомство:

F 17 А-В-С-, 15 А - ввС-, 6 ааВ - С-, 7 аа ввС-. Во-первых, мы ищем рецессивные признаки. По третьей паре генов в поколении нет рецессивной белой метки - сс. Поэтому родительский генотип записывается так: P ♀Аа Вв сс х ♂Аа вв СС. Теперь определим гаметы родителей. Женская особь дигетерозиготна по генотипу, поэтому дает 4 типа гамет, а мужская моногетерозигота, дает 2 типа гамет.

Заполняем решетку Пеннета и анализируем полученные потомства. В решетке Пеннета по фенотипу расщепление: 3 кудрявых коротких черных : 3 кудрявых длинных черных : 1 гладкий короткий черный : 1 гладкий длинный черный. Итак, количество фенотипических классов оказалось 4, расщепление 3:3:1:1. А если каждое число в расщеплении 17:15:6:7 разделить примерно на 6, то получится соотношение 3:3:1:1. То есть расщепление со статистической точки зрения соответствовал ожидаемому значению. Это показывает, что мы правильно определили генотип родителей. Теперь оформим задачу следующим образом.

Дано:

А – кудрявый
 а – гладкий
 В – короткий
 в – длинный
 С- черный
 с – белый
 P ♀А - В - сс, ♂А - ввС-
 F 17 А-В-С-, 15А-ввС-,
 6ааВ-С-, 7 ааввС-

Решение:

P ♀АаВв сс х ♂АаввСС
 F 17 А-В-С-, 15А-ввС-, 6 ааВ-С-, 7 ааввС-
 F_2
 3А-В-С-✓ кудрявый короткий черный,
 3 А-ввС - + кудрявый длинный черный
 1 ааВ-С- гладкий короткий черный
 1 ааввС - гладкий длинный черный

Найти:

P ♀♂? Соотношение классов?
 Статистическое ожидание?

Ответ: 1) P ♀Аа Вв Сс х ♂АаввСС

2) фенотипическое расщепление 3 : 3 : 1 : 1

3) статистическое расщепление соответствовало ожидаемой величине.

32*. В дано пишем действия генов: А – высокий, а – низкий, В – красный, в – белый, Вв – розовый. Родительские формы даны: P ♀ААВВ х ♂аавв.

Генотип самки доминантный, генотип самца гомозиготен по рецессивным признакам, поэтому самка дает один тип гамет – АВ, и самец также дает один тип гамет – ав. При слиянии гамет образуется F_1 , проводим анализ. По фенотипу F_1 высокий, розового цвета, по генотипу – дигетерозиготный. Скрещиваем полученное первое потомство между собой и заполняем решетку Пеннета, чтобы получить F_2 . Когда мы анализировали особей внутри решетки Пеннета, расщепление по фенотипу было следующим – 3 высоких красных : 6 высоких розовых : 3

высоких белых : 1 низкий красный : 2 низких розовых : 1 низкий белый. Из 16 особей от F₂ 6 оказались такими же, как в F₁, т.е. высокими, розового цвета ($\frac{6}{16}$). Теперь приступим к оформлению задачи.

Дано:

A – высокий
 a – низкий
 B – красный
 b – белый
 Bb – розовый
 P♀ AABb ♂ aabb

Найти: F₁-? F₂-?

Решение:

P♀ AABb × ♂ aabb
 G AB ab
 F₁ AaBb высокий, розовый
 P♀ Aa Bb × ♂ Aa Bb
 F₂ 3 A - BB + высокий красный
 3 A - bb ✓ высокий белый
 6 A - Bb • высокий, розовый
 1 aa BB низкий красный
 2 aa Bb ^ низкий розовый
 1 aa bb низкий белый

Ответ: F₁ - высокий, розовый

F₂ 6 особь высокая, розового цвета

Контрольные вопросы

1. Как происходит наследование при дигибридном скрещивании?
2. Сколько законов Менделя можно доказать в дигибридном и полигибридном скрещиваниях? Дайте определение каждого закона.
3. Как доказать закон независимого наследования пар признаков?
4. Какие расщепления по фенотипу и генотипу дает неполное доминирование в F₂ дигибридном скрещивании?
5. Докажите третий закон Менделя.

III. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ГЕНОВ

Ген как единица наследственности, детерминирующая признаки организма, имеет определенные функциональные свойства. Из изложенного ранее ясно, что в своем действии ген дискретен; он определяет присутствие или отсутствие отдельной биохимической реакции, от которой зависит развитие или подавление определенного признака организма. Очевидно, если несколько генов определяют какое-либо одно свойство (окраска глаз человека, длина колоса пшеницы и т.п.), они должны взаимодействовать между собой.

Неаллельные гены — это гены расположенные в различных участках хромосом и кодирующие разные белки. Неаллельные гены также могут взаимодействовать между собой. При этом либо один ген обуславливает развитие нескольких признаков, либо, наоборот, один признак проявляется под действием совокупности нескольких генов.

Проявление одного признака может определяться двумя и более парами генов (комплементарность и полимерное наследование) и, наоборот, одна пара генов может влиять на проявление нескольких признаков (множественное действие генов). Кроме того, одни гены могут подавлять действие других (эпистаз). Все эти явления получили общее название взаимодействие генов.

При взаимодействии двух пар генов вероятность появления организмов каждого фенотипа определяется различными сочетаниями двух пар генов, участвующих в развитии признака. Так же, как и в случае дигибридного скрещивания, эти сочетания можно оценивать с помощью решетки Пеннета. В большинстве случаев различные соотношения фенотипов при скрещивании дигетерозигот образованы из соотношения 9:3:3:1 путем сложения отдельных элементов, например, расщепление 9:7 при комплементарном наследовании может быть представлено как 9:(3+3+1).

При решении задач такого типа следует обращать внимание на то, сколько классов фенотипов и в каком количественном соотношении образуется при скрещивании особей с различными генотипами.

Решение задач на взаимодействие неаллельных генов требует знания определенных *правил решения* генетических задач, который состоит в основном из трех этапов. Сначала нужно определить сколько пар генов отвечают за развитие альтернативных пар признаков. Для этого нужно посмотреть на F_2 и на основании расщепления определить тип скрещивания (моно- или ди- гибридное), затем тип взаимодействия генов и только в конце определяем действие генов.

Свойства любого организма (цвет шерсти у кроликов, длина колоска овса и др.) определяются многими генами. При этом аллели разных генов взаимодействуют друг с другом. В результате в потомстве дигетерозиготы (F_2) наблюдаются расщепление с несколькими различными соотношениями (например: 9 : 3 : 4; 9 : 7; 13 : 3; 15 : 1 и др.). Генетический анализ показывает, что эти необычные расщепления по фенотипу в F_2 представляют собой видоизменение общей формулы 9 : 3 : 3 : 1.

Различают четыре типа взаимодействия генов: комплементарность, эпистаз, полимерию и модифицирующее действие генов. При комплементарном типе взаимодействия генов расщепление признаков в F_2 составляет – 9 : 3 : 3 : 1; 9 : 6 : 1; 9 : 3 : 4; 9 : 7; при доминантном эпистазе - 13 : 3; 12 : 3 : 1; при рецессивном эпистазе - 9 : 3 : 4; 9 : 7; при кумулятивной и некумулятивной полимерии - 15 : 1.

Комплементарное взаимодействие генов

Комплементарными или *дополнительными* называют такие доминантные гены, которые при совместном нахождении в генотипе (A-B-) обуславливают развитие нового признака по сравнению с действием каждого гена в отдельности (A-bb или aaB-). При комплементарном типе взаимодействии генов различают следующие основные типы расщепления: 9:3:3:1; 9:6:1; 9:3:4; 9:7 (рис. 3).

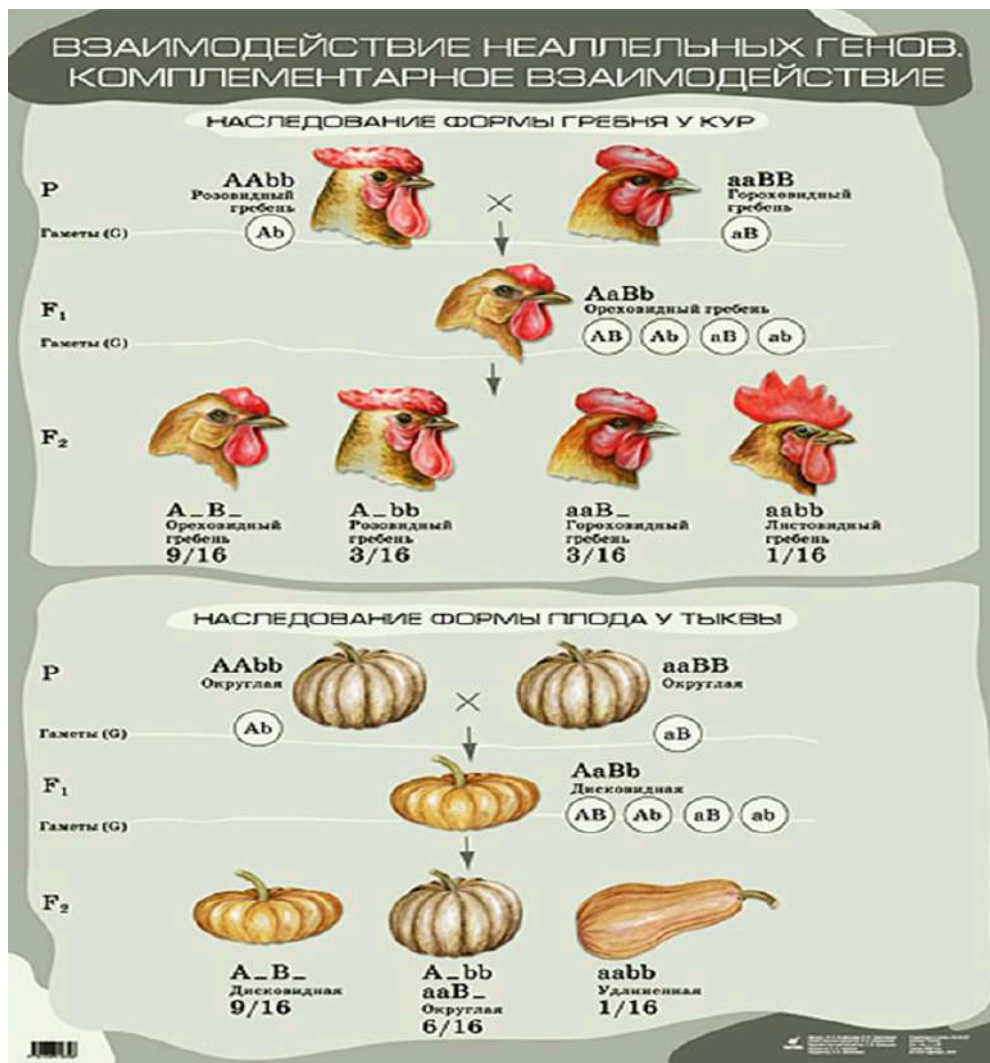
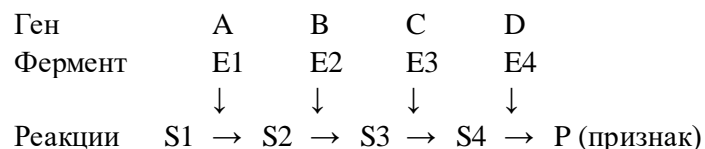


Рисунок 3. Комплементарное взаимодействие генов

Развитие признака может определяться не одной, а двумя или более парами неаллельных генов, располагающимися в разных хромосомах. Если хотя бы одна пара находится в гомозиготном рецессивном состоянии, то признак не развивается или отличен от доминантного.

С биохимической точки зрения зачастую это может быть связано с тем, что развитие признаков обычно представляет собой многостадийный процесс, каждый этап которого контролируется отдельным ферментом (информация о ферменте находится в определенном гене). Если хотя бы один ген находится в рецессивном состоянии, то синтезируется измененный фермент, реакция не идет, и конечный продукт не образуется:



Расщепление при скрещивании дигетерозигот при комплементарном наследовании обычно бывает в пропорции 9:7, 9:3:4, или 9:3:3:1, 9:6:1 (часть особей с минимальным выражением признака 7/16, 4/16 и 1/16).

Задачи

43.* Зеленозерный сорт ржи при скрещивании с белозерным дает в F₁ зеленые семена, а в F₂—расщепление по окраске: 89 семян зеленых, 28 желтых и 39 белых. Как наследуется окраска

семени? Что получится, если скрестить гибриды F_1 с гомозиготными желтозерными и белозерными растениями?

44.* При скрещивании белых морских свинок с черными потомство получается серое, а в F_2 9 серых, 3 черных и 4 белых. Можно ли точно такие же F_1 и F_2 получить от родителей с иной окраской шерсти? Каковы будут их генотипы и фенотипы?

45.* При скрещивании двух черных пород кокерспаниелей родились четыре щенка разного окраса кожи: 9 черных, 3 рыжих, 3 коричневых, 1 светло-желтый. При скрещивании черного кокерспаниеля со светло-желтым родился светло-желтый щенок. Если этого черного кокерспаниеля скрестить с собакой точно такого же генотипа, какого расщепления можно ожидать в потомстве?

46. Форма плода тыквы может быть круглой, дисковидной и продолговатой. Появление таких форм определяется двумя парами неаллельных генов, не сцепленных друг с другом.

а) при скрещивании двух растений с круглыми плодами в потомстве появились только круглые плоды. При взаимной скрещивании растений с дисковидными плодами в потомстве появились гибриды с 3 типами формы. Среди них: 9 - дисковидные, 6 - круглые, 1 - удлиненные. Определите генотипы родителей, гибридов первого и второго поколения.

б) При скрещивании растений с дисковидными и продолговатыми плодами в потомстве появились растения с дисковидными – 1, круглыми – 2 и продолговатыми плодами – 1.

Определите генотипы растений и их потомства.

47.* У человека врожденная глухота определяется генами а и в. Для нормального слуха необходимо наличие в генотипе обеих доминантных аллелей (АВ). Определите генотипы родителей в двух разных семьях:

а) оба родителя глухи, а их 5 детей имеют нормальный слух;

б) у глухих родителей 3 глухих ребенка.

48. Цвет душистого горошка может быть как белым, так и красным. Когда скрестили два белоцветковых сорта растений, потомство получалось только с красными цветками. При скрещивании этих двух красноцветковых растений между собой, в потомстве были получены 9 красноцветковых и 7 белоцветковых растений. Определите генотипы родительских особей, первого и второго поколения и дайте характеристику взаимодействия генов.

Решение задач

43*. Действие генов не дано, поэтому мы начинаем записывать дано с родителей. Записываем первое и второе поколения и показываем количественное расщепление поколений в F_2 . Записываем вторую пару родителей, которые будут скрещиваться. Нужно найти тип взаимодействия генов, потомства и действие генов. Нам нужно знать, сколько пар генов отвечают за развития признаков. Для этого смотрим на F_2 , сокращаем числа 89:28:39 и получаем примерно 9:3:4. Таким образом, получается, что к гибридизации относятся две пары генов (это показывает, что число F_2 составляет 16), то есть это дигибридное скрещивание.

Проведем анализ полученного поколения F_2 , заполненного по решетке Пеннета. В результате получилось 9 зеленых : 3 желтых : 4 белых. Это комплементарный тип взаимодействия генов. Оказывается, доминантные гены А и В дают зеленый цвет, когда они находятся в одном генотипе, если они разделены, то желтый и белый цвет.

Теперь составляем схемы скрещивания гибридов F_1 с Аа Вв, желтых аа ВВ и белых аа ВВ: 1. $P \text{♀} Aa Bb \times \text{♂} aaBB$, 2. $P \text{♀} AaBb \times \text{♂} aabv$. Пишем родительские гаметы. 1. Материнская особь дигетерозиготна по генотипу, поэтому дает 4 типа гамет, самец гомозиготен по рецессивному и доминантному признакам и, следовательно, дает гамету 1 типа. При заполнении решетки Пеннета происходит расщепление по фенотипу в соотношении: 2 зеленых : 2 желтых. Во втором случае (анализирующее скрещивание) наблюдалось расщепление F_2 1 зеленый: 2 белый: 1 желтый. Решение задачи оформляется следующим образом.

Дано:

F_2 зеленый ♂ белый

F_1 зеленый

F_2 89 зеленый : 28 желтый : 39 белый

2. $P \text{♀} F_1 \text{♂}$ желтый

$P \text{♀} F_1 \text{♂}$ белый

Решение:

1. F_2 зеленый ♂ белый

F_1 зеленый

F_2 89 зеленый : 28 желтый : 39 белый

9 : 3 : 4

А – зеленый, а – желтый

Найти:

Действие генов? F - ?

B – окрашен, b – не окрашен

$P_{\text{♀}} AABV \times \text{♂} aabv$
 АВ ав
 $F_1 AaBv$ (зеленый)

$P_{\text{♀}} AaBv \times \text{♂} AaBv$
 $P_{\text{♀}} AaBv \times \text{♂} AaBv$

F₂

9 A-B - ✓ зеленый: 3 A - bb + белый

3 aa B - желтый: 1 aa bb – белый

2. $P_{\text{♀}} Aa Bv \times \text{♂} aa BV$

3. $P_{\text{♀}} Aa Bv \times \text{♂} aa bv$

F₂ 9 зеленый : 2 желтый

F_b 1 зеленый : 2 белый: 1 желтый

Ответ: 1. За проявление окраски отвечают две пары взаимодействующих по комплементарному типу генов:

A – зеленый

a – желтый

B – окрашенный

b – неокрашенный

F₂ 9 зеленых : 3 белых : 3 желтых : 1 белый

2. F - 2 зеленых : 2 желтых

3. F_b 1 зеленый : 2 белых : 1 желтый

45*. Пишем условия задачи. Действия генов не дано, поэтому пишем про родителей и потомство. Оба родителя по фенотипу – черные. После записи фенотипов потомства необходимо записать вторую и третью скрещивающиеся родительские пары и их потомство. Нужно определить тип взаимодействия генов, действие генов и потомства.

Перейдем к решению задачи. Создаем схему скрещивания двух особей черного окраса. В потомстве получилось расщепление по фенотипу – 9 черных, 3 рыжих, 3 коричневых и 1 рыжевато-желтых. Это второе поколение от дигибридного скрещивания, это доказывает 16 полученное количество особей. Значит, за появление признаков отвечают 2 пары генов. Расщепление F₂ 9: 3: 3: 1 характерно для комплементарного типа взаимодействия генов. Теперь нам нужно записать действие генов: A – рыжий, a – бледно-желтый, B – коричневый, b – бледно-желтый. Если доминантные гены A и B находятся в отдельном генотипе, то проявляют свои цвета, а если в одном генотипе, то появляется черный цвет. Теперь родительские особи должны быть дигетерозиготными по генотипу в схеме скрещивания, поскольку известно, что количество потомков составляет 16 особей. А чтобы получить 16 потомков, каждый из родителей должен давать по 4 типа гамет. Построим решетку Пеннета и проведем анализ полученного F₂.

Теперь напишем схему скрещивания второй пары. От данного скрещивания родился только один щенок бледно-желтого цвета, значит, его генотип должен быть aabv. Если принять генотип самки гомозиготным, то по правилу доминирования рождаются только черные щенки. Скорее всего, это должно быть анализирующее скрещивание и только в этом случае на рождается щенок ярко-желтого цвета. Известно генотип самца (aabv), а самка – это гибрид F₁. Тогда схема скрещивания будет записана следующим образом. $P_{\text{♀}} AaBv \times \text{♂} aabv$. Самка дигетерозиготна по генотипу и поэтому дает 4 типа гамет самец гомозиготен по рецессивным признакам и, следовательно, дает 1 тип гамет. В решетке Пеннета расщепление по фенотипу получилось – 1 черный: 1 рыжий: 1 коричневый: 1 светло-желтое потомство.

Цвета третьей скрещивающейся пары были черными. Поскольку это гибрид первого поколения, его генотип дигетерозиготен, и результат скрещивания будет таким же, как и в исходной первой паре. То есть 9 черных: 3 рыжих: 3 коричневых: 1 бледно-желтый. Поэтому мы ожидаем от данного скрещивания именно такого расщепления. В этом случае мы сразу же записываем расщепление по фенотипу, не создавая снова решетку Пеннета. Итак, мы ответили на вопросы задачи, теперь переходим к оформлению задач.

Дано:

Р♀ черный х ♂ черный
 F₂ 9 черный, 3 рыжий, 3
 коричневый, 1 бледно-
 желтый
 Р♀ черный ♂ светло-желтый
 F бледно-желтый
 Р♀ черный ♂ черный

Гендердің әсері мен өзара
 әсерлесуі?
 F - ?

Решение:

1. Р♀ черный х ♂ черный
 F₂ 9 черный:3 рыжий:3 коричневый:1 бледно-желтый
 (комплементарный)
 А – рыжий а – бледно-желтый
 В – коричневый в – бледно-желтый

Р♀ Аа Вв х ♂ Аа Вв
 F₂ ✓ 9 А-В - черный
 + 3 А-вв - рыжий
 ^3 аа В - коричневый
 1 аа вв - бледно-желтый

Р♀ АаВв х ♂ аавв
 F₁ 1 черный:1 рыжий:1 коричневый:1 бледно-желтый
 Р♀ АаВв х ♂ аавв
 F_b 1 черный:1 рыжий:1 коричневый:1 бледно-желтый

3. Р♀ АаВв х ♂ АаВв
 F₂ 9 А-В- :3А- вв : 3 ааВ - : 1 аавв
 черный рыжий коричневый бледно-желтый

Ответ: За проявление признака отвечают две пары генов, взаимодействующих по комплементарному типу.

А - рыжий, а – бледно-желтый

В - коричневый, в – бледно-желтый

F₂ 9 черный : 3 рыжий : 3 коричневый : 1 бледно-желтый

F_b 1 черный : 1 рыжий : 1 коричневый : 1 бледно-желтый

F₂ 9 черный : 3 рыжий : 3 коричневый : 1 бледно-желтый

47*. Сначала в дано пишем действия генов: А – здоровый, а – глухота; В – здоровый, в – глухота. Оба родителя в двух разных семьях глухие. Оба родителя в первом паре глухие, значит их генотипы А-вв и ааВ-. Все 5 рожденных детей слышат, т. е. генотипы А-В -. У второй пары 3 ребенка глухие - А-вв, ааВ-.

Необходимо определить генотипы родителей. Запишем задачу следующим образом. Для этого придерживаемся правил, изложенных выше.

Дано:

А – здоровый
 а – глухой
 В – здоровый
 в – глухой
 1. Р♀ А-вв ♂ ааВ-
 F₁ А-В -
 2. Р♀ А - вв ♂ аа В-
 F₂ А - вв, аа В-

Найти:

Р - ?

Решение:

1. Р♀ ААВв х ♂ ааВВ
 F₁ Аа Вв
 2. Р♀ Аавв х ♂ ааВв
 F₂ Аавв, ааВв

Ответ: 1. Р♀ ААВв ♂ ааВВ

2. Р♀ Аавв ♂ ааВв

Эпистаз

При доминировании действие одной аллели подавляется другой аллелью этого же гена: А > а, В > в и т.д. Но существует взаимодействие, при котором один ген подавляет действие другого, например А > В или В > А, а > В или в > А и т.д. Такое явление называют *эпистазом*. Гены, подавляющие действие других генов, называют *супрессорами* или *ингибиторами*. Они могут

быть как доминантными, так и рецессивными. Гены-супрессоры известны у животных, растений и микроорганизмов. Обычно они обозначаются I или S.

Эпистаз принято делить на два типа: доминантный и рецессивный. Под *доминантным эпистазом* понимают подавление одним доминантным геном действия другого гена. При доминантном эпистазе различают два типа расщепления: 12:3:1 и 13:3 (рис. 4, 5).

Эпистазом, или *противоположным действием генов*, называется явление, при котором ген одной аллельной пары (супрессор) в доминантном состоянии может подавлять развитие признака, контролируемого другой парой генов.



Рисунок 4. Расщепление при доминантном эпистазе (12:3:1; 13:3)



Рисунок 5. Расщепление при доминантном (12:3:1; 13:3) и рецессивном (9:3:4) эпистазе. При *одинарном рецессивном* эпистазе, рецессивная аллель одного гена, будучи в

гомозиготном состоянии, не дает возможности проявиться доминантной или рецессивной аллели другого гена: $vv > A$ или $vv > aa$. Расщепление 9:3:4 (рис. 5).

Кроме описанных случаев одинарного рецессивного эпистаза, существуют и такие, когда рецессивная аллель каждого гена в гомозиготном состоянии одновременно реципрокно подавляет действие доминантной аллели комплементарного гена, т.е. **aa** эпистатирует над **В-**, **vv** над **А** ($aa > B$ и $vv > A$). Такое взаимодействие двух рецессивных подавителей называют *двойным рецессивным эпистазом*. В дигибридном скрещивании расщепление по фенотипу – 9:7, как и в случае комплементарного взаимодействия генов.

Следовательно, одно и то же расщепление можно трактовать как результат и комплементарного взаимодействия, и эпистаза. Один генетический анализ наследования при взаимодействии генов без знания биохимии и физиологии развития признака в онтогенезе не может раскрыть природы этого взаимодействия. Но без генетического анализа нельзя понять механизм наследственной детерминации развития этих признаков.

Задачи

49.* Зрение дрозофилы определяется влиянием двух пар генов. Доминантный аллель гена *Lobe*, расположенный на II хромосоме, вызывает редукцию глазных фасеток, рецессивные - обеспечивает нормальное развитие. Доминантный аллель гена *Eyless*, расположенный на хромосоме IV, отвечает за развитие нормальных фасеток, рецессивные – редукцию. Скрещиваются две разные линии слепых мух. Определите F_1 и F_2 .

50. У овса цвет зёрен определяется двумя парами несцепленных между собой генов. Один доминантный ген обуславливает чёрный цвет, другой – серый. Оба рецессивных аллеля обуславливают белую окраску.

а) При скрещивании чернозёрного овса между собой в потомстве оказалось расщепление на 12 чернозёрных, 3 серозерных и 1 белозерных. Определите генотипы скрещиваемых особей и их потомства.

б) При скрещивании белозерного овса с чернозерным получилась половина растений с черными зёрнами, половина с серыми. Определите генотипы скрещиваемых особей.

51. Белое оперение кур определяется двумя парами несцепленных неаллельных генов. В одной паре доминантный ген определяет окрашенное оперение, рецессивный ген – белое. В другой паре доминантный ген подавляет окраску, а рецессивный ген не подавляет окраску. При скрещивании белых кур получено потомство из 1570 цыплят. Из них 198 цыплят оказались белыми. Определите генотипы родителей и окрашенных цыплят.

52.* При скрещивании черной крольчихи с нормальной шерстью с белым короткошерстным кроликом в первом поколении все крольчата имели черную нормальную шерсть, а во втором поколении произошло расщепление: 29 черных нормальношерстных, 10 голубых нормальношерстных, 12 белых нормальношерстных, 9 черных короткошерстных, 4 голубых короткошерстных, 5 белых короткошерстных. Определите тип наследования окраски и длины шерсти, напишите схему скрещивания.

53. Окраска мышей определяется двумя парами несцепленных генов. Доминантный ген одной пары обуславливает серый цвет, его рецессивный аллель – белый. Доминантный ген другой пары способствует проявлению окраски, его рецессивная аллель подавляет окраску.

При скрещивании серых мышей между собой получено потомство из 57 серых, 18 черных мышей. Определите генотипы потомства.

54. Скрещиваются два сорта земляники – безусая с красной ягодой и безусая с белой ягодой. В F_2 расщепление: 231 безусых красных, 99 безусых белых, 329 усатых красных, 101 усатых белых. Определите генотипы исходных сортов, характер наследования усатости и окраски плодов.

55. При скрещивании двух белозерных сорта растений кукурузы гибриды первого поколения также были белозерными, а во втором поколении было получено 137 белозерных и 38 растений с пурпурными зёрнами. Определите тип наследования и генотипы указанных особей. Какое потомство будет в анализирующем скрещивании?

56. При скрещивании двух экземпляров растения примулы вечерней с махровыми красными и махровыми белыми цветками первое поколение давало простые красные цветки. В F_2 получено расщепление: 69 – махровые белые, 274 – простые красные, 85 – простые белые, 212 – махровые красные.

Как наследуются окраска и форма цветка?

57.* Скрещиваются 2 сорта льна, один из которых имеет розовую окраску цветков и нормальные лепестки, а другой – белую окраску цветков и нормальные лепестки. В первом поколении у всех растений цветки розовые, лепестки нормальные. Во втором поколении получено расщепление: 41 растений с розовыми цветками и нормальными лепестками, 7 растений с розовыми цветками и гофрированными лепестками, 5 растений с белыми цветками и гофрированными лепестками, 13 растений с белыми цветками и нормальными лепестками. Определить тип наследования окраски цветка и типа лепестков.

Решение задач

49.* Запишем дано. На хромосоме II мы указываем, что ген Lobe производит редукцию II Lobe - фасеток, рецессивный аллель +Lobe - нормальное развитие глаза, IV +Eyless - нормальный глаз, - Eyless производит редукцию. Далее пишем родителей: P ♀ слепой ♂ слепой. Мы должны найти первое и второе поколение. Решаем задачу. Сначала построим схему скрещивания:

P ♀ LL^{II} ++^{IV} x ♂ ++^{II} ee^{IV}. Каждый из родителей, будучи гомозиготным по генотипам, дает гамету 1 типа: самка L+, самец +e. При слиянии гамет, получим F₁: F₁ L+ +e, по фенотипу – слепой, генотип – дигетерозиготный. Скрещиваем между собой первые поколения и получаем F₂. Родитель, каждый из которых дигетерозиготен по генотипу, дает 4 типа гамет. Для этого создадим решетку Пеннета. При проведении анализа особей F₂ внутри решетки 13 слепых : 3 с нормальным зрением. Это доминантный эпистаз. Здесь L – доминантный ген, продуцирующий слепоту глаза, подавляет действие +E, продуцирующему нормальное зрение, блокируя его экспрессию. В результате 13 мух рождаются слепыми. А 3 генотипа мух с нормальным зрением++++, ++ + e, ++e+, т. е. у них нет гена L, вызывающего слепоту. Таким образом, две пары генов взаимодействуют друг с другом по типу доминантного эпистаза чтобы вызвать слепоту глаз. Оформляем задачу.

Дано:

II Lobe- редукция фасетов
+ Lobe- нормальный глаз
IV + Eyless- нормальный глаз
Eyless- редукция фасетов
II IV II IV
P ♀ LL++ ♂ ++ee

Найти:

Взаимодействие генов?
F₁, F₂-?

Решение:

P ♀ LL^{II} ++^{IV} x ♂ ++^{II} ee^{IV}
слепой слепой
G L+ +e
F₁ L +II + eIV слепой
P ♀ L ++e x ♂ L ++e
F₂ 13 редукционных : 3 нормальных

Ответ: F₁ – слепой, F₂ 13 редукция фасетов : 3 нормальный глаз

52. Запишем дано. Действия генов не дано, поэтому пишем родителей: P ♀ черная, нормальношерстная, P ♂ белый, короткошерстный. Теперь пишем про поколения. F₁ все черные нормальношерстные; F₂ – 29 черных нормальношерстных, 10 голубых нормальношерстных, 12 белых нормальношерстных, 9 черных короткошерстных, 4 голубых короткошерстных и 5 белых короткошерстных. Необходимо определить действие генов, тип взаимодействия генов и родительский генотип.

Теперь решаем задачу.

Вычисляем каждую пару альтернативных признаков отдельно. То есть 38 черных, 12 голубых, 19 белых. Сократим это примерно в 4 раза и приведем в определенный порядок – 9 черных : 3 голубых : 4 белых. Теперь перейдем к форме шерсти: нормальная – 51, короткая – 18. Сократив эти числа получим соотношение 3:1. Итак, получается, что за проявление признака первой пары (т. е. цвета) отвечают 2 пары генов, ко второй – 1 пара генов. По расщеплению 9:3:4 задача решается путем одинарного рецессивного эпистаза (vv > A, vv > aa), так как у первого родителя не было голубого цвета, что видно во втором поколении. Поскольку в скрещивании участвуют три пары генов, это тригибридное скрещивание. Запишем действие генов: А – черный, а – голубой, В – окрашивает, в – подавляет окрашивания, Д – нормальный, д – короткий. Далее пишем родителей по генотипу: P ♀ ААВВДД x ♂ ааввдд. F₁ АаВвДд – черные

нормальношерстные. В F₂ вышло следующее расщепление: 36 черных : 12 голубых : 16 белых и 48 нормальных : 16 коротких. Сократив данные соотношения, мы получаем расщепления 9:3:4 в первом случае и 3:1 – во втором. То есть мы получили результат, который соответствует тому, что было дано в тексте задачи. Это показывает, что мы правильно определили действия генов, тип взаимодействия и родительский генотип. Теперь переходим к оформлению задачи:

Дано:

P ♀ черная, нормальная
P ♂ белый, короткий
F₁ черные, нормальношерстные
F₂ 29 черных, нормальношерстных
10 голубых, нормальношерстных
12 белых, нормальношерстных
9 черных, короткошерстных
4 голубых, короткошерстных
5 белых, короткошерстных

Найти:

действие генов, тип взаимодействия генов?
P ♀ ♂ - ?

Решение:

P ♀ черная, нормальная x ♂ белый, короткий
F₂ 38 черных : 12 голубых : 19 белых
Или 9 : 3 : 4 – одинарный рецессивный эпистаз
51 нормальных : 18 коротких
3 : 1
А – черный
а – голубой
В – окрашивает
в – подавляет окрашивание
Д – нормальношерстность
д – короткошерстность
P ♀ ААВВДД x ♂ аа вв дд
G АВД авд
F₁ АаВвДд черный нормальный
P ♀ Аа Вв Дд x ♂ Аа Вв Дд

F₂

♀	♂ АВД	АВд	АвД	Авд	аВД	аВд	авД	авд
АВД	ААВВДД ✓	ААВВДд ✓	ААВвДД ✓	ААВвДд ✓	АаВВДД ✓	АаВВДд ✓	АаВвДД ✓	АаВвДд ✓
АВд	ААВВДд ✓	ААВВДд +	ААВвДд ✓	ААВвдд +	АаВВДд ✓	АаВВДд +	АаВвДд ✓	АаВвдд +
АвД	ААВвДД ✓	ААВвДд ✓	ААввДД ^	ААввДд ^	АаВвДД ✓	АаВвДд ✓	АаввДД ^	АаввДд ^
Авд	ААВвДд ✓	ААВвдд +	ААввДд ^	ААввдд ~	АаВвДд ✓	АаВвдд +	АаввДд ^	Ааввдд ~
аВД	АаВВДД ✓	АаВВДд ✓	АаВвДД ✓	АаВвДд ✓	ааВВДД •	ааВВДд •	ааВвДД •	ааВвДд •
аВд	АаВВДд ✓	АаВВДд +	АаВвДд ✓	АаВвдд +	ааВВДд •	ааВВДд х	ааВвДд •	ааВвдд х
авД	АаВвДД ✓	АаВвДд ✓	АаввДД ^	АаввДд ^	ааВвДД •	ааВвДд •	ааввДД <	ааввДд <
авд	АаВвДд ✓	АаВвдд +	АаввДд ^	Ааввдд ~	ааВвДд •	ааВвдд х	ааввДд <	ааввдд

F₂ ✓ 27 А-В-Д- черный, нормальный
+ 9 А-В-дд - черный, короткий
^ 9 А-вв - Д- белый, нормальный
• 9 аа В - Д- голубой, нормальный
~ 3А - ввдд - белый, короткий
х 3аа В - дд - голубой, короткий
< 3 аа bbD - белый, нормальный
1 аа вв дд - белый, короткий
36 черных : 12 голубой : 16 белый, 48 нормальный : 16 короткий
9 : 3 : 4, 3 : 1

Ответ: 1. А – черный, а – голубой, В – не подавляет окраски, в – подавляет окраски, Д – нормальношерстность, д – короткошерстность.

2. За развития признаков отвечают три пары генов, взаимодействующих друг с другом по одинарному рецессивному эпистазу.

3. $P_{\text{♀}} AABVDD \times \text{♂} aa vv dd$

57. Так как действия генов не дано, запись начинаем с родителей. Далее необходимо записать данные первого и второго поколения и определить действия и тип взаимодействия генов. Для решения задачи составим схему скрещивания: $P_{\text{♀}}$ розовый нормальный \times ♂ белый нормальный. F_1 – розовые нормальные, F_2 – 41 розовых нормальных, 7 розовых гофрированных, 5 белых гофрированных и 13 белых нормальных. Сначала нам нужно определить, сколько пар генов участвуют в скрещивании. Для этого проведем анализ потомков F_2 по каждой паре альтернативного признака отдельно (цвет и форма). В результате получилось расщепление 48 розовых : 18 белых, 54 нормальных : 12 гофрированных. Сократив данные соотношения, мы получим расщепления 3:1 и 13:3. Число пар, вычисляемое в результате количественных соотношений расщепления, показывает нам, что скрещивания трехгибридные и тип взаимодействия генов является доминантным эпистазом ($B > D$). Определяем действие генов: А – розовый, а – белый, В – подавляет гофрированность, в – не подавляет гофрированность, Д – гофрированный лепесток, д – нормальный лепесток. Итак, мы ответили на вопросы задачи, а теперь приступим к оформлению:

Дано:

$P_{\text{♀}}$ розовый, нормальный
 ♂ белый, нормальный
 F_1 – розовый, нормальный
 F_2 - 41 розовый, нормальный
 7 розовый, гофрированный
 5 белый, гофрированный
 13 белый, нормальный
 F_1 - розовый, нормальный
 F_2 41 розовый, нормальный:
 7 розовый, гофрированный
 5 белый, гофрированный: 13
 белый, нормальный
 48 розовый : 18 белый (3:1)
 54 нормальный : 12 гофрированный
 (13 : 3)

Найти:

действие генов и тип взаимодействия - ?

Решение:

$P_{\text{♀}}$ розовый, нормальный \times ♂ белый нормальный
 F_1 – розовый, нормальный
 А - розовый, а - белый; В - подавляет гофрированность, в – не подавляет гофрированность, Д- гофрированный лепесток, д- нормальный лепесток
 $P_{\text{♀}} AABVDD \times \text{♂} aa vv dd$
 G АВД авд
 $F_1 AaVvDd$ розовый, нормальный
 $P_{\text{♀}} AaVvDd \times \text{♂} AaVvDd$
 F_2 27 А-В-Д розовый, нормальный
 9 А-В - дд розовый, нормальный
 9 А-ввД- розовый, гофрированный
 3 А-ввдд розовый, нормальный
 9 аа В - Д белый, нормальный
 3 аа вв Д белый, нормальный
 3 аа вв Д белый, гофрированный
 1 аа вв дд белый, нормальный
 48 розовых : 16 белых, 52 нормальных : 12 гофрированных
 или 3 : 1 и 13 : 3

Ответ: 1) А - розовый, а - белый; В подавляет гофрированность, в – не подавляет гофрированность, Д- гофрированный лепесток, д-нормальный лепесток; 2) тип взаимодействие генов - доминантный эпистаз ($B > D$).

Полимерия

Рассмотренные до сих пор типы взаимодействия генов относились к *альтернативным*, т.е. *качественно различающимся признакам*.

При полимерном наследовании развитие одного признака контролируется несколькими парами генов, расположенных в разных хромосомах. Чем больше генов находится в доминантном состоянии, тем ярче выражен признак.

При накоплении доминантных полимерных генов их действие суммируется, т.е. они имеют кумулятивный эффект, поэтому взаимодействие такого типа называют *кумулятивной полимерией*. Чтобы подчеркнуть однозначность, одинаковость действия разных генов, их обозначают одними и теми же символами, добавляя лишь разные цифры - A_1, A_2 и т.п. При кумулятивной полимерии количественно варьирующий признак у разных особей одного и того же поколения будет определяться разным числом доминантных генов в генотипе. Так, при скрещивании рас пшениц

(Triticum) с красными и белыми (неокрашенными) зернами шведский генетик Г. Нильсон-Эле в 1908 г. обнаружил в F_2 обычное моногибридное расщепление в отношении 3:1.

Однако при скрещивании некоторых других линий пшениц, различающихся по таким же признакам, в F_2 наблюдается расщепление в отношении 15/16 окрашенных : 1/16 белых. Окраска зерен из первой группы варьирует от темно – до бледно – красных (рис. 6).

Генетический анализ растений из семян F_2 разных окрасок показал, что растения, выращенные из белых зерен и из зерен с наиболее темной (красной) окраской, в дальнейшем не дают расщепления. Из зерен с окраской промежуточного типа развились растения, давшие в последующих поколениях расщепление по окраске зерна. Интенсивность окраски зерен зависит от числа доминантных генов в генотипе.

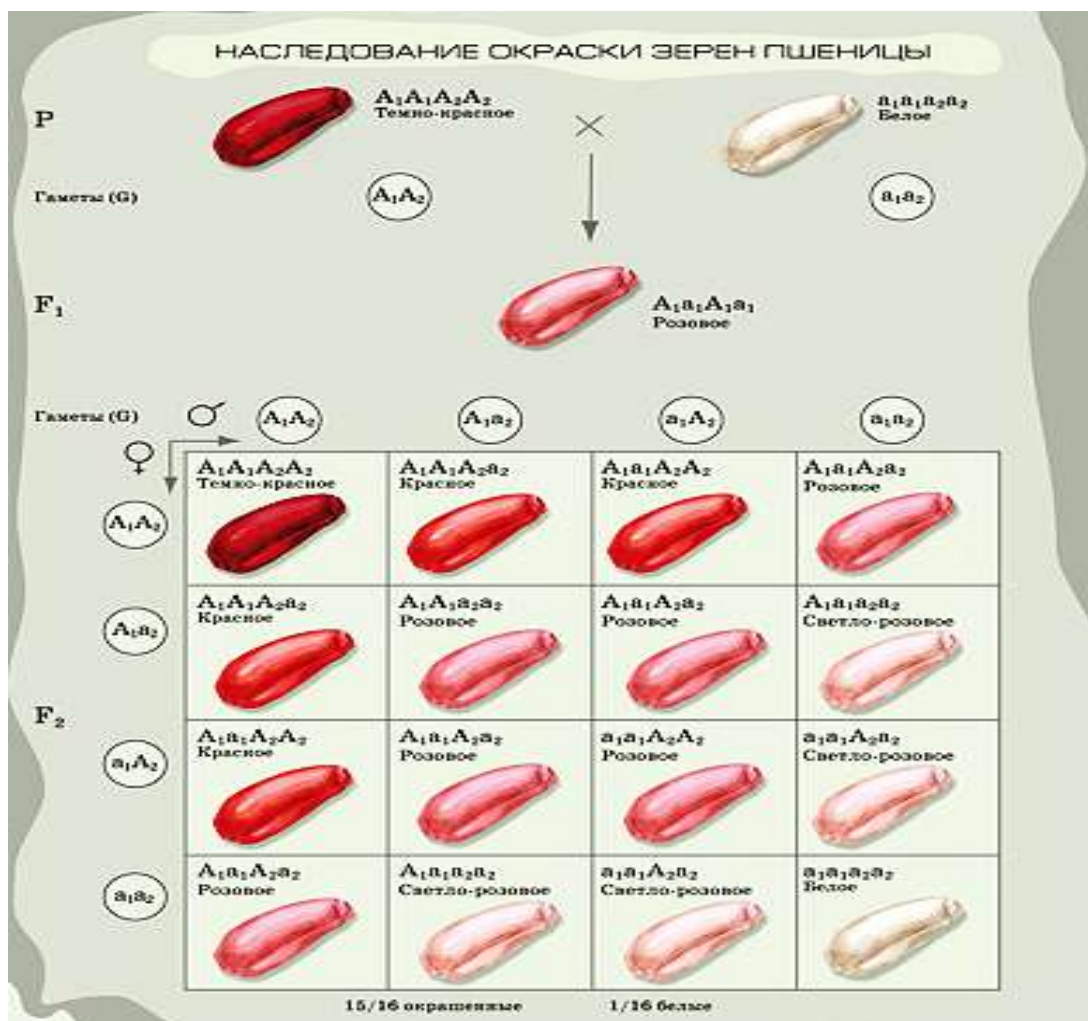


Рисунок 6. Наследование окраски зерна у пшеницы (кумулятивная полимерия)

Следовательно, исходные родительские формы, давшие расщепление в F_2 15:1, имели генотипы $A_1A_1A_2A_2$ и $a_1a_1a_2a_2$. Гибрид F_1 обладал генотипом $A_1a_1A_2a_2$, а в F_2 появились зерна с разным числом доминантных генов. Наличие всех четырех доминантных аллелей $A_1A_1A_2A_2$ у 1/16 растений определяет самую интенсивную окраску зерна; 4/16 всех зерен имели три доминантных аллеля (типа $A_1A_1A_2a_2$), 6/16 – две ($A_1A_1a_2a_2$), 4/16 – одну ($A_1a_1a_2a_2$), все эти генотипы определяли различные промежуточные окраски, переходные между интенсивно-красной и белой. Гомозиготной по обоим рецессивным генам $a_1a_1a_2a_2$ являлась 1/16 всех зерен, и эти зерна оказались неокрашенными.

При случае *некумулятивной полимерии* характер появления признака не меняется в зависимости от числа доминантных генов в генотипе. Примером может служить наследование оперенности ног у кур (*Gallus gallus*). От скрещивания пород, имеющих оперенные и неоперенные ноги, в F_1 появляются цыплята с оперенными ногами. Во втором поколении

происходит расщепление по фенотипу в отношении 15/16 с оперенными ногами и 1/16 с неоперенными, т.е. наблюдается два фенотипических класса (рис. 7).

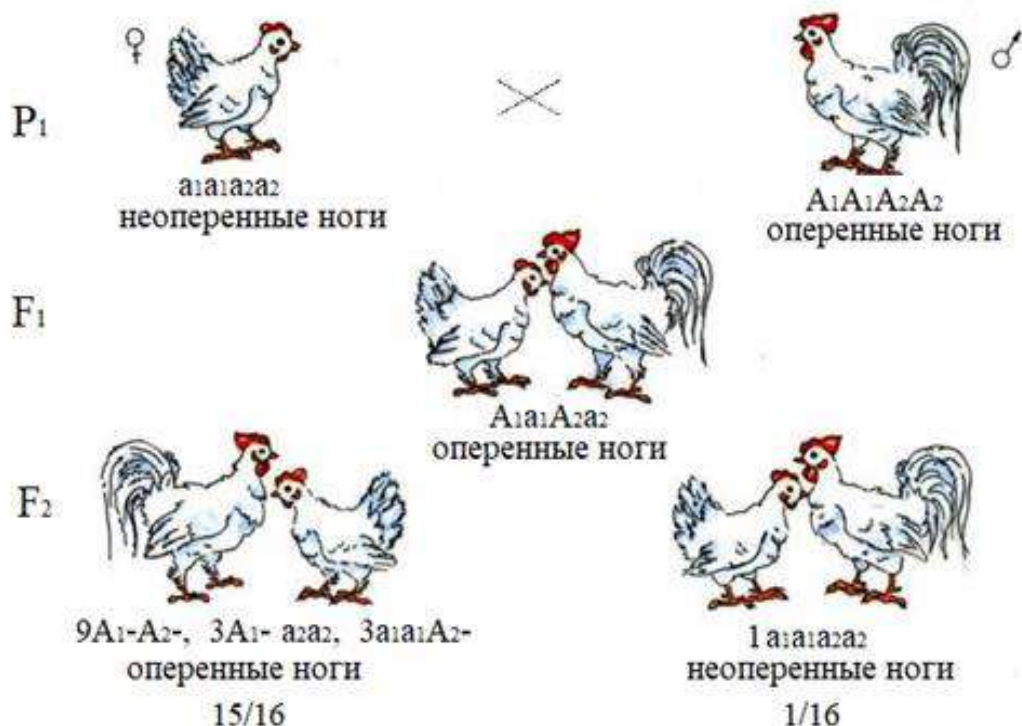


Рисунок 7. Наследование оперенности ног у кур (некумулятивная полимерия)

В двух приведенных примерах наличие в генотипе разного количества доминантных полимерных генов однозначного действия не изменяет выраженности признака. Достаточно одной доминантной аллели любого из двух генов, чтобы вызвать развитие признака. Поэтому такой тип взаимодействия генов был назван *некумулятивной полимерией*.

Полимерное действие лежит в основе наследования количественных признаков и играет важную роль в эволюции.

Например, степень пигментации кожи определяется двумя парами (на самом деле – большим количеством) генов. В соответствии с этим по данному признаку людей можно условно разделить на 5 фенотипов: негры ($AABB$), темные мулаты ($AABb$ или $AaBB$), средние мулаты ($AaBb$, $aaBB$ или $AAbb$), светлые мулаты ($Aabb$ или $aaBb$) и белые ($aabb$).

Задачи

58. Цвет кожи человека определяется взаимодействием нескольких пар генов по типу кумулятивной полимерии, т.е. цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе. Потомка негра и белого называют мулатом. Если негрityанка ($A_1A_1A_2A_2$) и белый мужчина ($a_1a_1a_2a_2$) имеют детей, то в какой пропорции можно ожидать появления детей полных негров, мулатов и белых?

59. У пастушьей сумки может быть треугольный и округлый стручок. При скрещивании любой гомозиготной формы с треугольным стручком с растением, имеющим округлый стручок, в F₁ всегда треугольные стручки. Определите генотипы растений в скрещиваниях, дающих следующее расщепление в F₂:

- 15 растений с треугольными стручками, 1 с округлыми;
- 3 растения с треугольными стручками, 1 с округлыми.

60. Овцы одной породы имеют длину шерсти в среднем 40 см, а другой – 10 см. Предположим, что различия между этими породами зависят от двух пар генов с однозначным действием. Каковы будут F₁ и F₂?

61. Уши кроликов породы баран 30 см длины, у других пород 10 см. Предположим, что различия в длине ушей зависят от двух пар генов с однозначным действием. Генотип баранов $A_1A_1A_2A_2$, обычных кроликов - $a_1a_1a_2a_2$. Определите длину ушей кроликов F_1 и всех возможных генотипов в F_2 .

62.* Рост человека контролируется несколькими парами несцепленных генов, которые взаимодействуют по типу полимерии. Если пренебречь и ограничиться лишь тремя парами генов, то можно допустить, что в какой – то популяции самые низкорослые люди имеют все рецессивные гены и рост 150 см, самые высокие – все доминантные гены и рост 180 см.

а) Определите рост людей, гетерозиготных по всем трем парам генов роста.

б) Низкорослая женщина вышла замуж за мужчину среднего роста. У них было четверо детей, которые имели рост 165 см, 160 см, 155 см и 150 см. Определите генотипы родителей и их рост.

63. Напишите фенотипы мулатов, рожденных от брака от мужчины негра с белой женщиной.

Решение задач

62. В дано пишем действие генов. В тексте задачи сказано, что рост низкорослых людей в популяции определяются 3 парами рецессивных генов, а самые высокие – 3 парами доминантных генов. Если генотип самых высоких людей будет $A_1A_1 A_2 A_2 A_3 A_3 = 180$ см, а генотип низкорослых - $a_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3 = 150$ см. Нужно определить рост человека с генотипом $A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3$.

Во втором пункте данной задачи, пишем фенотип родителей словами: $P_{\text{♀}}$ низкорослая, $P_{\text{♂}}$ среднерослый. Мы должны указать потомство: F 165, 160, 155, 150 см. Нужно определить генотип и рост родителей.

Для решение задачи, сначала нужно определить действие одного доминантного гена. Для этого составляем схему пропорции, то есть если 6 доминантных генов дают 180 см, то сколько см даст 1 доминантный ген? Если совокупность 6 рецессивных генов дает рост 150 см, то сколько см определяет один из них? Это мы оформляем так:

$$\begin{array}{l} 6 A - 180 \text{ см} \\ 1 A - x \end{array} \quad \begin{array}{l} 6 a - 150 \text{ см} \\ 1 a - x \end{array}$$

Используя пропорцию, находим, что действие одного A равен 30, а одного a равен 25 см. После этого для определения фенотипа тройного гетерозиготного генотипа записываем признак, производимый каждым геном, то есть определяем, что 3 доминантных гена показывают рост – 90 см, три рецессивных – 75 см, а их сумма – 165 см. Итак, на первый пункт задачи мы ответили, теперь решим второй. Выше было сказано, что фенотип невысокой женщины 150 см. Согласно приведенному выше правилу, мы определяем генотип родителей, глядя на их потомство. Фенотип мужчины среднего роста 165 см, потому что у него 3 доминантных и 3 рецессивных гена. Мы создадим схему скрещивания и заполним решетку Пеннета. Фенотип потомства показал, что результаты решения задачи и приведенные данные ростовых показателей детей идентичны – 165, 160, 155 и 150 см. Это доказывает, что мы правильно определили генотипы родителей. Оформляем задачу:

Дано:

$$A_1A_1A_2A_2A_3A_3 = 180 \text{ см}$$

$$a_1a_1a_2a_2a_3a_3 = 150 \text{ см}$$

а) $A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3$

б) $P_{\text{♀}}$ низкого роста $P_{\text{♂}}$ среднего роста
 F 165, 160, 155, 150 см

Найти:

а) рост $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$ - ?

б) генотипы P и F - ?

Решение:

$$A_1A_1A_2A_2A_3A_3 = 180 \text{ см}$$

$$6A = 180$$

$$1A - x$$

$$1A = 180/6 = 30 \text{ см}$$

$$a_1a_1a_2a_2a_3a_3 = 150 \text{ см}$$

$$6a = 150$$

$$1a - x$$

$$1a = 150/6 = 25 \text{ см}$$

$$а) A_1a_1A_2a_2A_3a_3 = 30+25+30+25+30+25 = 165 \text{ см}$$

б) $P_{\text{♀}} a_1a_1a_2a_2a_3a_3 \times P_{\text{♂}} A_1a_1A_2a_2A_3a_3$

150 см 165 см

G $a_1 a_2 a_3 A_1 A_2 A_3 / A_1 A_2 a_3 / A_1 a_2 A_3 / A_1 a_2 a_3 / a_1 A_2 A_3 a_1 A_2 a_3 / a_1 a_2 A_3 / a_1 a_2 a_3$

F

♂ \ ♀	$a_1 a_2 a_3$	Рост
$A_1 A_2 A_3$	$A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3$	165 см
$A_1 A_2 a_3$	$A_1 a_1 A_2 a_2 a_3 a_3$	160 см
$A_1 a_2 A_3$	$A_1 a_1 a_2 a_2 A_3 a_3$	160 см
$A_1 a_2 a_3$	$A_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3$	155 см
$a_1 A_2 A_3$	$A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3$	160 см
$a_1 A_2 a_3$	$a_1 a_1 A_2 a_2 a_3 a_3$	155 см
$a_1 a_2 A_3$	$a_1 a_1 a_2 a_2 A_3 a_3$	155 см
$a_1 a_2 a_3$	$a_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3$	150 см

Ответ: а) рост $A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3 = 165$ см

б) 165 см: $A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3$

160 см: $A_1 a_1 A_2 a_2 a_3 a_3, A_1 a_1 a_2 a_2 A_3 a_3, A_1 a_1 A_2 a_2 A_3 a_3$

155 см: $A_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3, a_1 a_1 A_2 a_2 a_3 a_3, a_1 a_1 a_2 a_2 A_3 a_3$

150 см: $a_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3$

Контрольные вопросы

1. Какие правила необходимо знать для решения задач на тему взаимодействия генов?
2. Докажите расщепления признаков при комплементарным взаимодействием генов.
3. В чем различия между одинарным и двойным рецессивным эпистазом?
4. Докажите типы расщепления в доминантном эпистазе.
5. В чем различия между куммулятивным и некумулятивными полимериями?

IV. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЕННОЕ С ПОЛОМ

Сцепленные с полом признаки — это признаки, продуцируемые генами, расположенными в половых хромосомах (X, Y), (рис. 8).

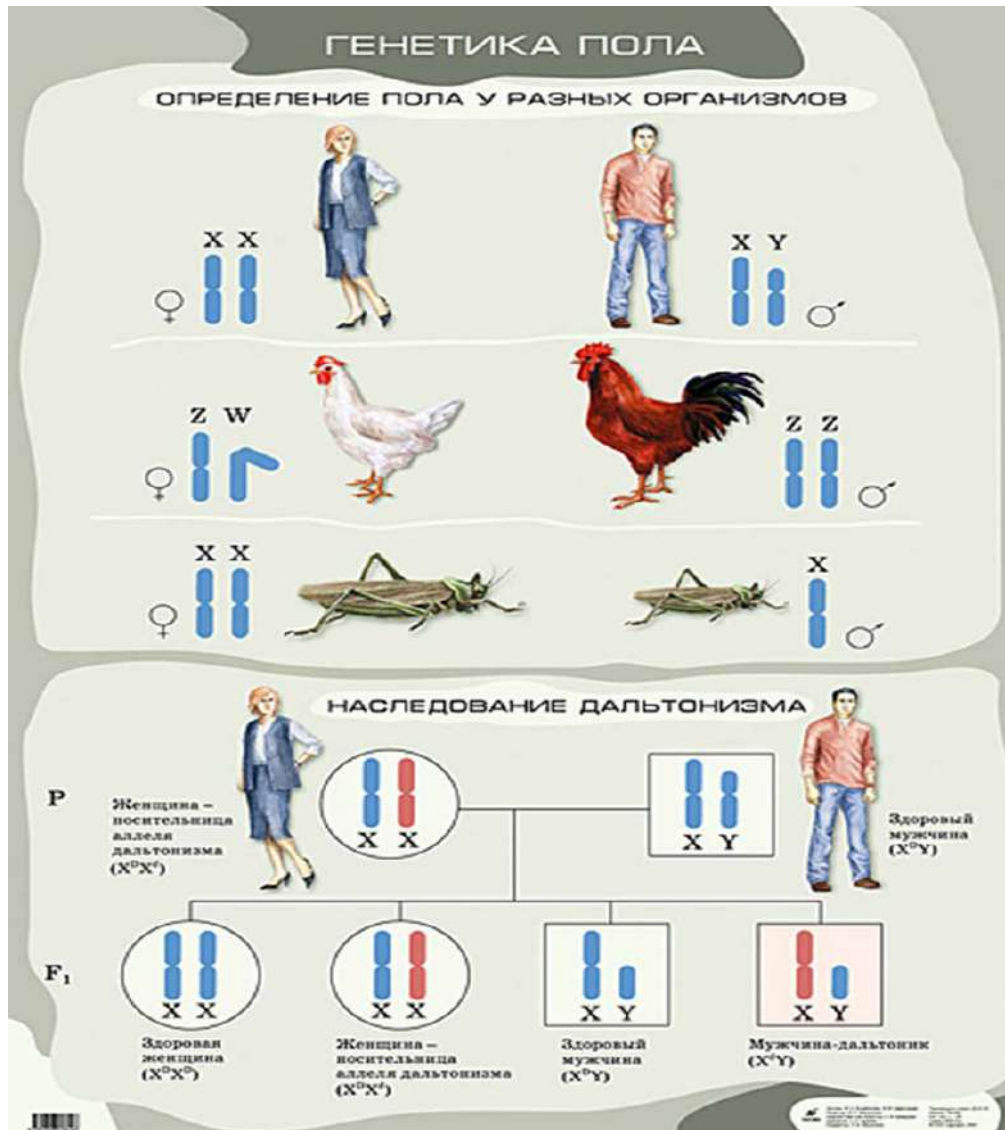


Рисунок 8. Определение пола у разных организмов

Если ген, производящий признак, расположен в Y-хромосоме, то при наследовании этот признак передается только мужчинам. Если ген прикреплен к X-хромосоме, то он передается в равной степени от отца к дочерям, а от матери к дочери и сыну. Если рецессивный ген сцеплен с X-хромосомой, то он экспрессируется только в женской гомозиготной форме. Поскольку у мужчины нет второй X-хромосомы, чтобы такой ген всегда проявляет себя.

Хромосомы, которые показывают различия между мужским и женским полом, называются половыми хромосомами, а те, которые не показывают, называются аутосомами.

Пол, дающий одинаковые по набору половых хромосом гаметы, называется гомогаметным (XX), а тот, что образует две разные гаметы, называется гетерогаметным (XY) (рис. 9). Как видно из этой диаграммы, образование 1:1 сперматозоидов с X- и Y-хромосомами обеспечивает разделение потомства 1:1.

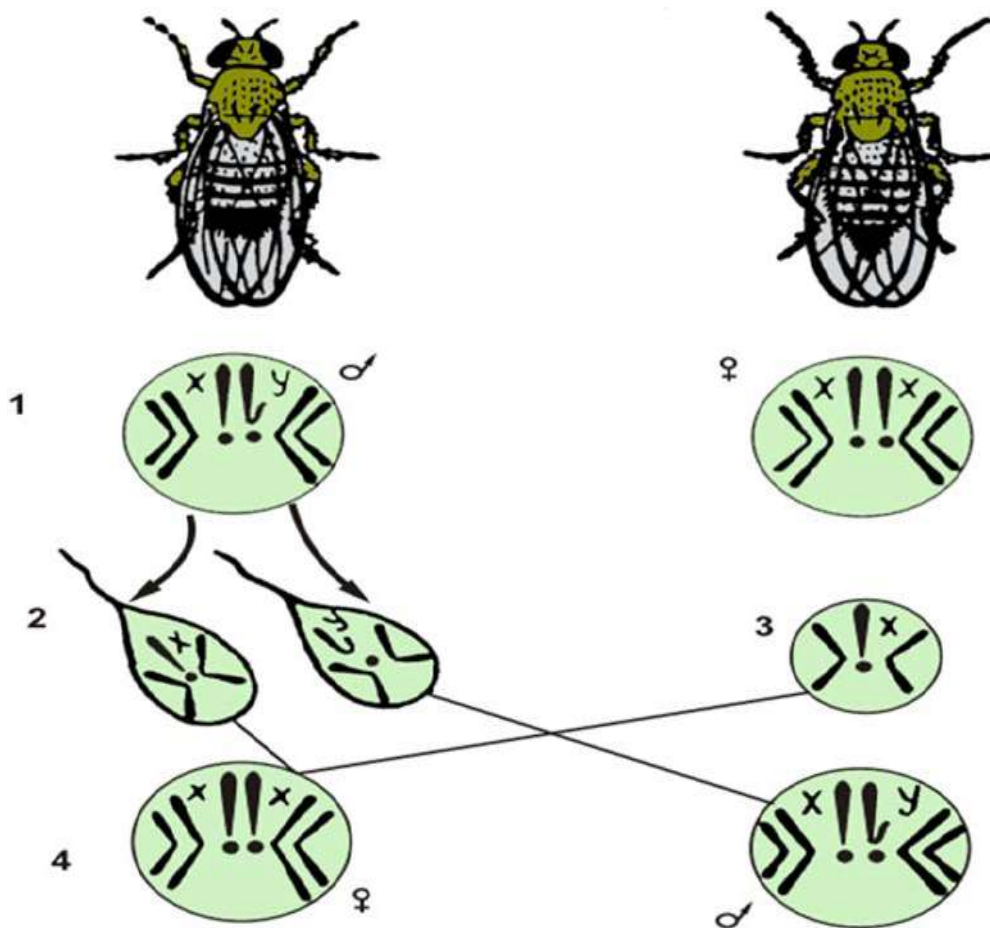


Рисунок 9. Схема определения пола у дрозофилы.
Хромосомные наборы: 1 – соматических клетках; 2 – сперматозоидах; 3 – яйцеклеток;
4 – потомства;

Задачи

64.* У кур сцепленный с полом ген R обладает рецессивным летальным действием, вызывающим гибель цыплят до вылупления (гомозиготные умирают до вылупления). От скрещивания петуха группы А с курами было получено 210 цыплят, половина которых – петушки и половина – курочки.

При скрещивании петуха группы Б с теми же курами были получены 210 цыплят, из них курочек оказалось только 70. Определите генотип обоих петухов и кур.

65. У человека (дальтонизм) определяется рецессивным геном, расположенным в X-хромосоме. Ее отец дальтоник, а она здоровая девушка, замужем за мужчиной с нормальным зрением, у которого отец не различает цвета. Каким будет зрение детей, рожденных от этого брака?

66.* У человека преждевременное выпадение волос наследуется сцепленный с полом признак S (облысение), доминантный у мужчин и рецессивный у женщин.

Кареглазый правша с нормальными волосами женат на кареглазой левше с нормальными волосами. От этого брака родилось 2 детей: сын с лысиной, кареглазый, правша, сын со здоровыми волосами, кареглазый, левша и дочь с нормальными волосами, голубоглазая, правша. Определите генотипы всех людей.

67. Рецессивный ген гемофилии (несвёртываемости крови) находится в X-хромосоме. Отец девушки страдает гемофилией, тогда как мать её в этом отношении здорова и происходит из семьи, благополучной по этому заболеванию. Девушка выходит замуж за здорового юношу. Что можно сказать об их будущих сыновьях, дочерях, внуках обоих полов (если дочери и сыновья не вступают в брак с людьми, у которых есть ген гемофилии)?

68. Отсутствие потовых желез у людей – рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой. Здоровый мужчина, женился на женщине, у отца которой отсутствуют потовые железы, а мать и ее предки происходят из благополучной семьи. Какова вероятность рождения в этой семье детей с подобной аномалией? Если жены сыновей и мужа дочерей будут здоровыми, то какие прогнозы можно дать о судьбе внуков и внучек?

69. У кур ген, ответственный за появление белых и полосатых перьев, сцеплен с X-хромосомой. Полосатая окраска преобладает над белой. У кур самка – гетерогаметна.

а) В результате скрещивания белых кур с полосатыми петухами на птицеферме все цыплята курочки и петушки оказались полосатыми. При скрещивании F_1 между собой получено 597 полосатых петушков и 601 полосатых и белых курочек. Определите генотипы родителей, первого и второго поколения.

б) От скрещивания полосатых петухов и белых кур получено 20 полосатых петушков и курочек и 18 белых петушков и курочек. Определите генотипы родителей и потомства.

70. Известно, что «трехшерстные» кошки – всегда самки. Это обусловлено тем, что гены черного и рыжего цвета шерсти аллельны и находятся в X – хромосоме, но ни один из них не доминирует, а при сочетании рыжего и черного цвета формируются «трехшерстные» особи.

а) Какова вероятность получения в потомстве трехшерстных котят от скрещивания трехшерстной кошки с черным котом?

б) Какое потомство можно ожидать от скрещивания черного кота с рыжей кошкой?

71. Гипертрихоз (вырастание волос на краю ушной раковины) передается через Y – хромосому, а полидактилия (шестипалость) – как доминантный аутосомный ген. В семье, где отец имел гипертрихоз, а мать – полидактилию, родилась нормальная в отношении обоих признаков дочь. Какова вероятность того, что следующий ребенок в этой семье будет также без обеих аномалий?

72. Женщина правша с карими глазами и нормальным зрением выходит замуж за мужчину правшу, голубоглазого и дальтоника (цветовая слепота). У них родилась голубоглазая дочь левша и дальтоник.

Какова вероятность того, что следующий ребенок в этой семье будет левшой и страдать дальтонизмом, если известно, что карий цвет глаз и умение владеть преимущественно правой рукой – доминантные аутосомные несцепленные между собой признаки, а дальтонизм – рецессивный, сцепленный с X – хромосомой признак? Какой цвет глаз возможен у больших детей?

73 Потемнение зубов может определяться двумя доминантными генами, один из которых расположен в аутосомах, другой в X – хромосоме. В семье родителей, имеющих темные зубы, родилась дочь и сын с нормальным цветом зубов.

Определите вероятность рождения в этой семье следующего ребенка тоже без аномалий, если удалось установить, что темные зубы матери обусловлены лишь геном, сцепленным с X – хромосомой, а темные зубы отца – аутосомным геном, по которому он гетерозиготен.

74.* У человека дальтонизм (одна из форм цветовой слепоты) обусловлен сцепленным с X – хромосомой рецессивным геном. Один из видов анемии – талассемия – наследуется как аутосомный доминантный признак и наблюдается в двух формах: у гомозигот тяжелая, часто смертельная, у гетерозигот менее тяжелая. Женщина с нормальным зрением, но с легкой формой талассемии в браке со здоровым мужчиной, но дальтоником, имеет сына дальтоника с легкой формой талассемии.

Какова вероятность рождения следующего сына без аномалий?

75. У человека классическая гемофилия наследуется как сцепленный с X – хромосомой рецессивный признак. Альбинизм (отсутствие пигментации) обусловлен аутосомным рецессивным геном. У одной супружеской пары, нормальной по этим двум признакам, родился сын с обеими аномалиями.

Какова вероятность того, что у второго сына в этой семье проявятся также обе аномалии одновременно?

76. Мужчина, страдающий дальтонизмом (цветовая слепота) и глухотой женился на женщине, нормальной по зрению и хорошо слышащей. У них родился сын глухой и дальтоник и дочь – дальтоник, но с хорошим слухом. Определите вероятность рождения в этой семье дочери с обеими аномалиями, если известно, что дальтонизм и глухота передаются как рецессивные признаки, но дальтонизм сцеплен с X – хромосомой, а глухота – аутосомный признак.

77.* Гипертрихоз (вырастание волос на краю ушной раковины) наследуется как сцепленный с Y – хромосомой признак, который проявляется к 17 годам жизни. Одна из форм ихтиоза (чешуйчатость и пятнистое утолщение кожи) наследуется как рецессивный, сцепленный с X – хромосомой признак. В семье, где женщина нормальна по обоим признакам, а муж является обладателем только гипертрихоза, родился мальчик с признаками ихтиоза.

- Определите вероятность проявления у этого мальчика гипертрихоза;
- Определите вероятность рождения в этой семье детей без обеих аномалий и какого они будут пола.

78. Пигментный ретинит (прогрессирующее сужение поля зрения и усиливающаяся ночная слепота, не редко приводящая к полной слепоте) может наследоваться тремя путями: как аутосомный доминантный признак, как аутосомный рецессивный и как рецессивный, сцепленный с X – хромосомой.

Определите вероятность рождения больных детей в семье, где мать больна пигментным ретинитом и является гетерозиготной по всем трем парам генов, а отец здоров и нормален по всем трем признакам.

79.* Резус-положительная женщина с I группой крови выходит замуж за резус-отрицательного мужчину с IV группой крови. Известно, что женщина гомозиготна по аллели резус-положительности. Какова вероятность рождения в данной семье резус-положительного ребенка с IV группой крови?

Решение задач

64. Сначала пишем дано. Покажем, что ген R сцеплен с X- хромосомой и рецессивным г обладает летальным действием, вызывающим гибель цыплят до вылупливания: X^R - жизнь; X^r - смерть.

Учитывая гетерогаметность женской особи у кур, запишем родителей и потомство:

А) $P \text{♂ } X^R X^r \cdot \text{♀ } X^R Y$; F 210 = 105 $\text{♀ } X^R Y$ + $\text{♂ } 105 X^R X^r$

Б) $P \text{♂ } X^R X^r \cdot \text{♀ } X^R Y$, F 210 = $\text{♀ } 70 X^R Y$ + $\text{♂ } 140 X^R X^r$

Необходимо определить генотипы родителей. Запишем схему скрещивания: $P \text{♀ } X^R Y \times P \text{♂ } X^R X^r$

Определяем генотип родителей, глядя на их потомство: F105 $\text{♀ } X^R Y$ + $\text{♂ } 105 X^R X^r$ Женская особь гетерогаметна по полу, поэтому дает две разные гаметы, мужская особь по полу – гомогаметна, по генотипу – гомозиготна по доминантному признаку, поэтому дает один тип гамет. Будем анализировать потомство, полученное при совмещении гамет.

Теперь по группе Б создадим схему скрещивания. Нужно определить генотип мужского пола. Для этого проанализируем потомство. Сократив число потомков 140 и 70, мы получим расщепление 2:1. Число потомков трое, один погиб в эмбриональной стадии. Записываем генотип того погибшего птенца и определяем генотип мужского пола: $P \text{♀ } X^R Y \times \text{♂ } X^R X^r$. Женская особь гетерогамета по полу, поэтому дает 2 типа гамет, а мужская особь гетерозиготен по генотипу, также дает 2 типа гамет. Заполняем решетку Пеннета и анализируем потомство. Вычеркиваем мертвых птенцов. В результате было получено 2 цыпленка-мужского пола и 1-женского пола. Это является доказательством того, что генотип был определен правильно. Теперь оформляем задачу:

Дано:

X^R – жизнь

X^r – смерть

А) $P \text{♂ } X^R X^r \cdot \text{♀ } X^R Y$

F 210 = 105 $\text{♀ } X^R Y$ + $\text{♂ } 105 X^R X^r$

Б) $P \text{♂ } X^R X^r \cdot \text{♀ } X^R Y$

Найти:

P - ?

Решение:

А) $P \text{♀ } X^R Y \times \text{♂ } X^R X^r$

G $X^R \quad Y \quad X^r$

F 1 $\text{♀ } X^R Y : 1 \text{♂ } 105 X^R X^r$

$P \text{♀ } X^R \times \text{♂ } \frac{X^R}{X^r}$, F210 = 70 $\text{♀ } X^R Y$ + 140 $\text{♂ } \frac{X^R}{X^r}$

Б) $P \text{♀ } X^R Y \times \text{♂ } X^R X^r$

F 210 = $\text{♀ } 70 X^R Y$ + $\text{♂ } 140 X^R X^r$

(70 $\text{♀ } X^r Y$ летальные)

F₂

♂	X^R	X^r
♀		

XR	X ^R	$\frac{XR}{Xr}$ ♀
	X ^R ♀	
Y	X ^R	X ^r
	Y♂	Y♂

2♂ жив : 1♀ жив : 1♀ умерли

Ответ: А) P♀X^RY ♂X^RX^R
 Б) P♀X^RY ♂X^RX^r

66. Пишем дано. Нужно записать действие генов. В человеческой популяции карие глаза и праворукость являются аутосомно-доминантными признаками. Преждевременное выпадение волос является доминантным у мужчин и рецессивным у женщин, т.е. действие генов записывается следующим образом: ♂X^S- облысение, X^s- нормальный рост волос, ♀X^S- волосы, X^s- лысый; А – кареглазость, а – голубоглазость; В – праворукость, в – леворукость.

Теперь пишем родителей: P♂X^SY A-B- P♀X^SX^s A- bb и потомство F♂X^sY A-B; ♀X^SX^s Aa B-; ♂X^sY A- bb. Нужно определить генотипы всех людей.

Составим схему скрещивания с родителями и напишем про потомство. Мы определяем генотип родителей, глядя на их потомство. Поскольку у потомства есть рецессивный признак, оба родителя имеют рецессивный ген. То есть родительский генотип выглядит так: P♀X^SX^s Aabb P♂X^SY AaBb. А потомство определяем, глядя на родителей. Потомство всегда наследует один ген от отца, а другой – от матери. Следовательно, их генотипы: F♂X^sY AA(a)Bv; ♀X^SX^s aa Bb, ♂X^sYAA(a) bb.

Дано:

♂ X^S - облысение, X^s - нормальный рост волос
 ♀X^S – волосы, X^s – лысый
 А – кареглазость
 а – голубоглазость
 В – праворукость
 в – леворукость
 P♂X^SY A-B- P♀X^SX^s A- bb
 F♂X^sY A-B; ♀X^SX^s aa B-; ♂X^sY A- bb

Решение:

P♂X^SY A-B- P♀X^SX^s A- bb
 F♂X^sY A-B; ♀X^SX^s aa B-; ♂X^sY A- bb
 P♀X^SX^sAabb x ♂X^SY AaBb.
 F♂X^sY AA(a)Bv; ♀X^SX^s aa Bb, ♂X^sYAA(a) bb.

Найти:

Генотипы - ?

Ответ: P♀X^SX^s Aa bb ♂X^SY AaBb; F♂X^sY AA(a)Bv; ♀X^SX^s aa Bb, ♂X^sYAA(a) bb.

74. Пишем дано: X^A – здоровый; X^a – дальтонизм, В – талассемия, в – здоровый, ВВ – летальность, Bv – легкая талассемия

P♀X^AX^a- Bv ♂X^aYBv, F♂X^aYBv.

Нужно определить вероятность рождения мальчика без аномалии F♂X^AYBv. Решение задачи. Построим схему скрещивания и определим генотип родителей, посмотрев на потомство: P♀X^AX^aBv x ♂X^aYBv.

Материнский пол гомогаметен, а генотип дигетерозиготен, поэтому дает 4 разные гаметы, отцовский пол гетерогаметен и, следовательно, дает 2 типа гамет. Заполняем решетку Пеннета. Всего вышло 8 потомства, из них 4 мальчика и 4 девочки. При расчете вероятности рождения здорового мальчика из всех потомков F♂X^AYBv – 12,5%. А если отдельно только мальчиков считать, то – 25%. Итак, мы закончили решение, теперь переходим к оформлению.

Дано:

$\frac{XA}{Xa}$ - здоровый
 $\frac{Xa}{Xa}$ - дальтонизм

Решение:

P♀X^AX^aBv x ♂X^aY Bv
 F♂X^aYBv

В - талассемия
 в - здоровый
 $\frac{B}{B}$ - летальность;
 $\frac{B}{b}$ - легкая талассемия
 P ♀ X^AX - ВВ ♂ X^aY ВВ
 F ♂ X^aY ВВ

Найти:

F ♂ X^AY ВВ (%) - ?

		F	
	♂	X ^a B	Y В
♀	<u>X^AB</u>	$\frac{X^A B}{X^a B}$	X ^A Y ВВ
	<u>X^Ab</u>	$\frac{X^A b}{X^a b}$	X ^A Y ВВ здор.
	<u>X^aB</u>	$\frac{X^a B}{X^a B}$	X ^a Y ВВ
	<u>X^ab</u>	$\frac{X^a b}{X^a b}$	X ^a Y ВВ

8-100% x = 100/8 = 12,5 %
 1 - x; F ♂ X^AY ВВ 12,5 %
 4 - 100% x = 100/4 = 25% ♂
 1 - x F ♂ X^AY ВВ

Ответ: 8-100% x = 100/8 = 12,5 %
 1 - x; F ♂ X^AY ВВ 12,5 %
 4 - 100% x = 100/4 = 25% ♂
 1 - x F ♂ X^AY ВВ

77.* Пишем дано. В условии задачи написано, что гипертрихоз сцеплен с Y хромосомой: Y^Z гипертрихоз. Ихтиоз – сцеплен с X^B – хромосомой: X^B - норма, X^b – ихтиоз. Напишем схему скрещивания: P ♀ X^BX - и ♂ X^BY^Z.
 В семье рождается сын с признаками ихтиоза F ♂ X^bY^Z. У этого мальчика и будет гипертрихоз, потому что он сцеплен с Y хромосомой. Нужно также определить вероятность рождения в этой семье детей без обеих аномалией и какого они будут пола.

Дано:

X^B - здоровый
X^b - ихтиоз
 P ♀ X^BX - ♂ X^BY^Z
 F ♂ X^bY^Z

Найти:

F ♂ X^AY ВВ (%) - ?

Решение:

P ♀ X^BX x ♂ X^BY^Z
 F ♂ X^bY^Z

	♂	<u>X^B</u>	Y ^Z
♀	<u>X^B</u>	$\frac{X^B}{X^B}$	X ^B Y ^Z гип.
	<u>X^b</u>	$\frac{X^b}{X^B}$	X ^b Y ^Z Гип., ихт.
		здор	

4 - 100 %
 2 - x
 x = 100 / 2 = 50% ;
 F ♀ $\frac{X^B}{X^B}$ = 25% ♀ $\frac{X^b}{X^B}$ 25%

Ответ: а) У родившихся мальчиков процент проявления гипертрихоза составляет 100%, так как он наследуется от отца по Y – хромосоме.

б) Вероятность рождения здорового ребенка в этой семье составляет 50%, и они являются исключительно девочками по полу.

$$F \begin{matrix} \ominus \\ \text{XB} \\ \text{XB} \end{matrix}, \begin{matrix} \ominus \\ \text{XB} \\ \text{XB} \end{matrix}$$

Вторая девочка здорова по фенотипу, однако в ее генотипе в скрытом виде сохраняется ген ихтиоза и она является носителем данного гена.

79.* У людей "резус-положительный" ген преобладает по отношению к "резус-отрицательному" гену. Rh (+) – резус-положительный; Rh (-) – резус-отрицательный. За наследование группы крови у человека отвечают три гена: I⁰ – ген I-й группы крови; I^A – ген II-й группы крови; I^B – ген III-й группы крови. Наличие двух типов аллелей в генотипе человека отвечает за группу крови, причем аллель I⁰ рецессивен по отношению к I^A и I^B. Возможные генотипы группы крови у людей:

- I⁰I⁰ – I-я группа;
- I^AI⁰ – II-я группа;
- I^AI^A – II-я группа;
- I^BI⁰ – III-я группа;
- I^BI^B – III-я группа;
- I^AI^B – IV-я группа.

Поскольку женщина резус-положительна с группой крови I и, как известно, гомозиготна по резус-положительному аллелю, ее генотип выглядит следующим образом: **I⁰I⁰Rh(+)**Rh(+). У резус-отрицательного мужчины с IV группой крови генотип будет следующим: **I^AI^Brh(-)**rh(-)

Схема скрещивания:

P: I⁰I⁰Rh(+)**Rh(+)** x I^AI^Brh(-)rh(-)

G: I⁰Rh(+), I^Arh(-); I^Brh(-)

F: I^AI⁰Rh(+)**rh(-)** - 50%; I^BI⁰Rh(+)**rh(-)** - 50%.

Наблюдается 2 типа генотипа. Расщипление по генотипу – 1 : 1.

Фенотип:

I^AI⁰Rh(+)**rh(-)** - Резус - положительный с группой крови II-50%;

I^BI⁰Rh(+)**rh(-)** Резус - положительный с группой крови III-50%.

Наблюдается 2 типа фенотипа. Расщипление по фенотипу – 1 : 1.

Дано:

Rh (+) – резус-положительный

Rh (-) – резус-отрицательный

P ♀ I⁰I⁰Rh(+)**Rh(+)**

♂ I^AI^Brh(-)rh(-)

Найти:

вероятность рождения в данной семье резус-положительного ребенка с IV группой крови?

Решение:

P: I⁰I⁰Rh(+)**Rh(+)** x I^AI^Brh(-)rh(-)

G: I⁰Rh(+), I^Arh(-); I^Brh(-)

F: I^AI⁰Rh(+)**rh(-)** резус - положительный с группой крови II - 50%;

I^BI⁰Rh(+)**rh(-)** резус - положительный с группой крови III - 50%.

Расщипление по генотипу – 1 : 1.

Ответ: 1) вероятность рождения резус-положительного ребенка со II группой крови и резус-положительного ребенка с III группой крови в этой семье одинакова; 2) вероятность рождения резус-положительного ребенка с IV группой крови в этой семье составляет 0%.

Контрольные вопросы

1. Какие признаки относятся к признакам, сцепленным с полом?
2. Что такое «крисс – кросс» наследование?
3. Объясните различия между гомо - и гетерогаметными полами.
4. Дайте характеристику хромосомной и балансовой теории определения пола.
5. Какие признаки называются аутосомными?

V. СЦЕПЛЕНИЕ ГЕНОВ И КРОССИНГОВЕР

Третий закон Грегора Менделя – закон независимого наследования пар признаков, реализуется только в том случае, если гены, продуцирующие признаки, расположены на негомологичных хромосомах. Известно, что признаков в жизни бесконечно много, а количество хромосом ограничено. Поэтому на одной хромосоме может располагаться несколько, много генов. Гены, расположенные на одной такой хромосоме, согласно поведению хромосом в мейозе, должны наследоваться вместе. Если гены расположены на одной хромосоме, то они наследуются в комбинации. Сочетание таких генов положило начало законам, которые открыл Томас Морган.

Процесс обмена через аналогичные доли гомологичных хромосом, содержащих гены, называется скрещивание хромосом или кроссинговером. Кроссинговер обеспечивает новую комбинацию генов в гомологичных хромосомах. Явление кроссинговера было обнаружено у дрозофилы (рис. 10).

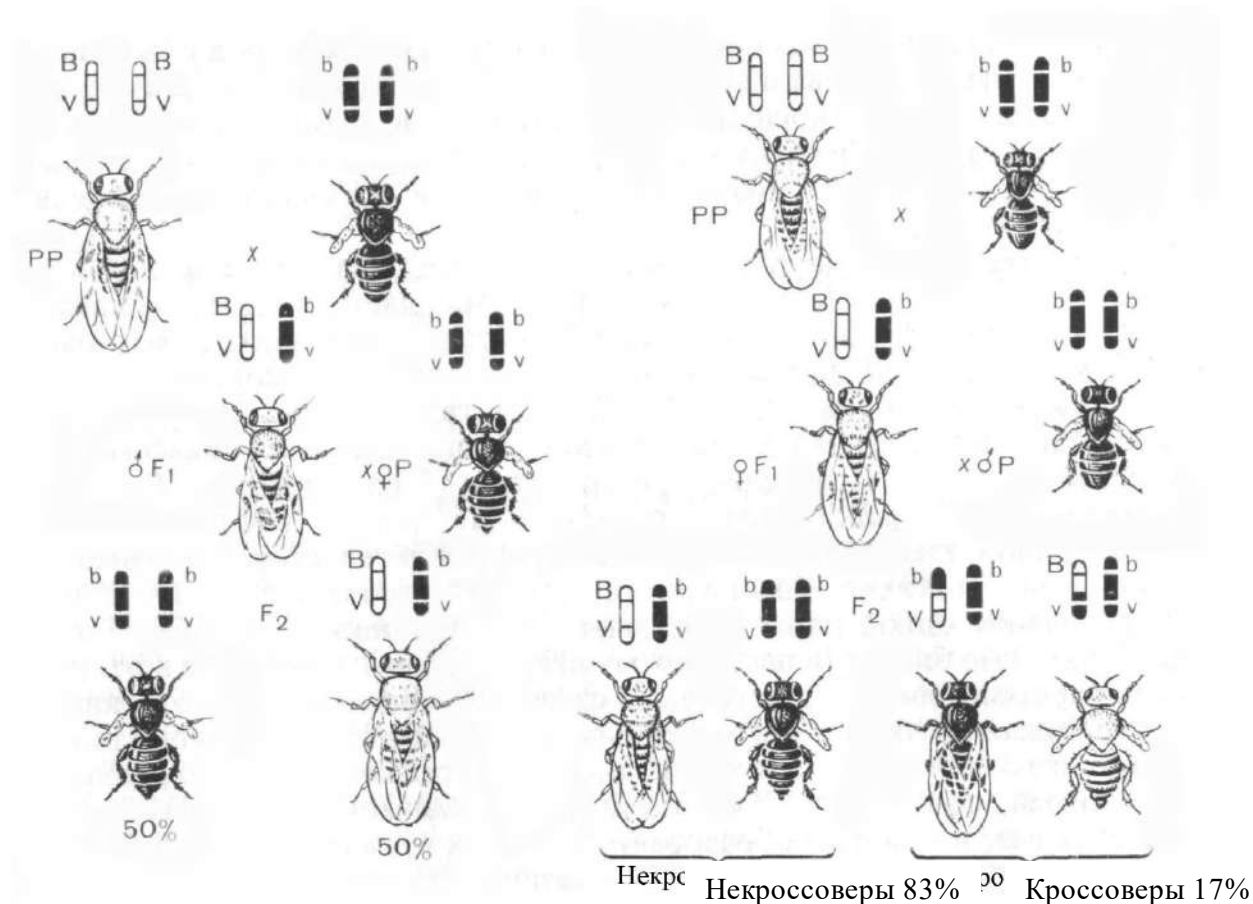


Рисунок 10. Сцепленное наследование и кроссинговер у дрозофилы

Однако гены могут не сочетаться постоянно. На этапе мейоза гомологичные хромосомы обмениваются похожими участками, что приводит к процессу кроссинговера. Кроссинговер является источником комбинативной изменчивости. Наследуемые гены, расположенные на одной хромосоме, образуют группу сцепления. Число групп сцепления какого-либо вида равно гаплоидному набору хромосом. Каждый ген имеет свое место – локус на хромосоме.

Т. Морган обнаружил, что гены располагаются на хромосоме линейно, а частота кроссинговера зависит от расстояния между ними. Кроссинговер редко проходит, если гены расположены близко друг к другу на хромосоме, и часто, если они расположены далеко. Кроссинговер, или процент перекреста, указывает на то, что расстояние между генами и их расположение вдоль линии на хромосоме считается функцией, то есть частота кроссинговера между генами прямо пропорциональна расстоянию, которые они разделяют на хромосоме, и на основе этих данных можно создать генетическую карту хромосом. Генетическое картирование относится к схеме расположения генов, присутствующих в одной группе сцепления. Расстояние

между генами измеряется в морганиде. Одной морганиде соответствует один процент кроссинговера. На генетической карте обязательно указываются группы сцепления, полные или сокращенные названия генов, расстояние, обозначаемое морганидой, начинающейся с одного края хромосомы (рис. 11).

Процент кроссинговера и линейное расположение генов на хромосоме

Учитывая рекомбинированные особи и их общее количество, частоту кроссинговера (перекреста) можно рассчитать по формуле 2:

$$\text{Частота кроссинговера (\%)} = \frac{x}{y} * 100 \quad (2)$$

Где X – количество особей, подвергшихся рекомбинации; Y – общее количество особей. Например, при скрещивании мух, полученных в поколении F₁, с гомозиготными двойными рецессивными получены следующие результаты:

Родительский фенотип:

Серое тело, нормальные крылья (b^+vg^+) -965
Черное тело, зачаточные крылья (bvg) -944

Рекомбинатный фенотип:

Черное тело, нормальные крылья (bvg^+) -206
Серое тело, зачаточные крылья (b^+vg) -185

$$\text{Частота рекомбинации: } \frac{206+185}{(965+944)+(206+185)} * 100 = \frac{391}{2300} * 100 = 17\%$$

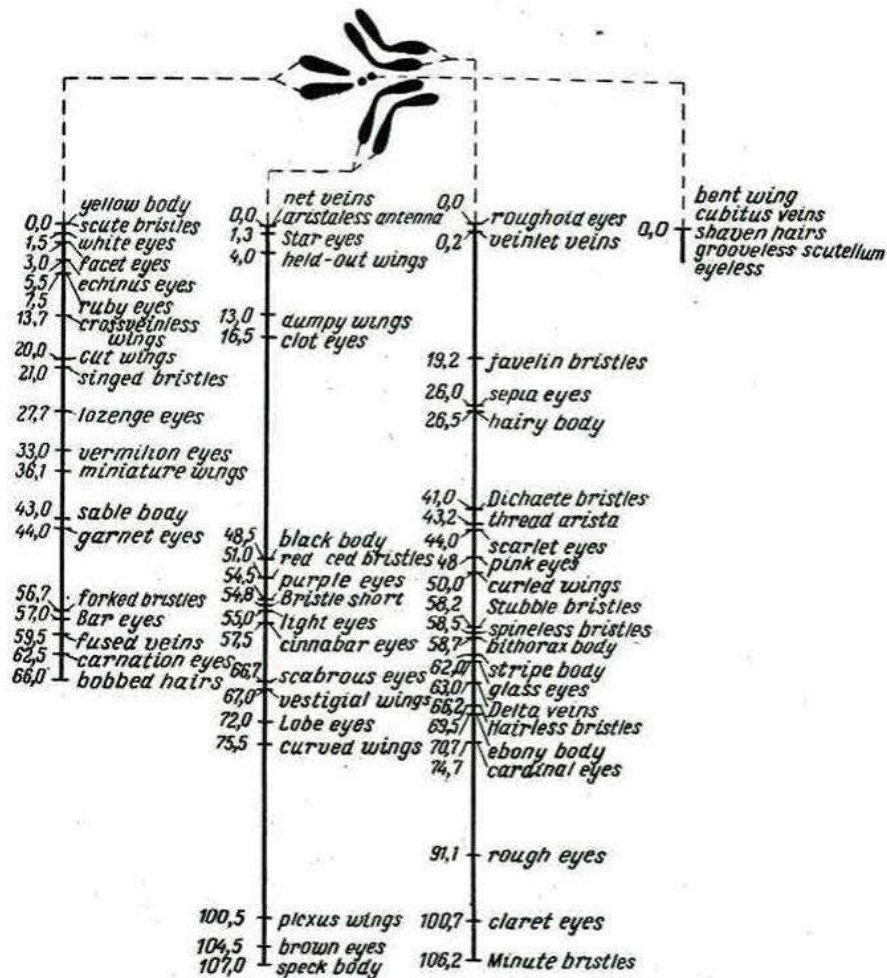


Рисунок 11. Генетическая карта хромосом дрозофилы

Задачи

80.* Окраска цветка определяется действием двух пар генов. Два доминантных гена вместе дают красный цвет, а рецессивные гены – белый цвет. Красноцветковый сорт был скрещен с белоцветковым, затем было проведено анализирующее скрещивание. В результате было получено 2264 белоцветковых и 1651 красноцветковых гибридов. Во втором случае были скрещены два разных сорта белых цветов. Затем, провели анализирующее скрещивание, в результате которого получено 2274 растения с белыми цветками и 162 растения с красными цветками. Определите величину кроссинговера.

81.* Гены А, В и Д расположены в этом порядке на одной хромосоме. Величина перекреста (кроссинговера) между генами А и В составляет 20%, между генами В и Д - 10%. Гомозиготная по генам особь АВД, скрещивается с гомозиготной особью по авд. Какие гаметы образуются в F₁? Как получить линию Д из +++/+++ и авд/авд?

Напишите схему скрещивания.

82. Гены а и в расположены в соотношении 20 единиц (процентов) на хромосоме II, гены д и е в соотношении 40 единиц на хромосоме VI. Гомозиготная особь по аллелям А,В,Д,Е скрещивается с рецессивной формой по этим генам.

Определите, сколько разных гамет образует эта тетразигота и в каких соотношениях.

83.* Растение с окрашенным (D), морщинистым (S), твердым (W) эндоспермом скрещивается с растением с неокрашенным (d), гладким (s), мягким (w) эндоспермом. Полученный гибрид F₁ далее скрещивают с растением, имевшим неокрашенный гладкий мягкий эндосперм. Составьте карту хромосомы, проведя анализ потомства, и покажите относительное расположение генов друг от друга:

окрашенный, морщинистый, мягкий – 601,
окрашенный, гладкий, твердый – 4,
неокрашенный, гладкий, мягкий – 2708,
неокрашенный, морщинистый, твердый – 113,
неокрашенный, гладкий, твердый – 626,
окрашенный, рифленый, твердый – 2538,
неокрашенные, морщинистый, мягкий – 2,
окрашенный, гладкий, мягкий – 116.

84. У томатов высокий рост стебля доминирует над карликовым, шаровидная форма плода над грушевидной. Гены высоты стебля и формы плода сцеплены и находятся друг от друга на расстоянии 20 морганид. Гетерозиготное по обоим признакам растение скрещено с карликовым, имеющим грушевидные плоды. Какое потомство следует ожидать от этого скрещивания?

85.* Классическая гемофилия и дальтонизм наследуются как рецессивные признаки, сцепленные с X – хромосомой. Расстояние между генами определено в 9,8 морганиды.

1. Девушка, отец которой дальтоник и гемофилик, но мать здорова и происходит из благополучной по этим заболеваниям семьи, выходит замуж за здорового мужчину. Определите вероятные фенотипы детей от этого брака.

2. Женщина, мать которой страдала дальтонизмом, а отец гемофилией, вышла замуж за мужчину, страдающим обоими заболеваниями. Определите вероятность рождения детей в этой семье одновременно с обеими аномалиями.

86. У человека гены резус-фактора и эллиптоцитоза расположены на одной хромосоме на расстоянии 3 морганид друг от друга. Положительный резус и эллиптоцитоз определяются доминантными генами. Ген ночной слепоты и ген дальтонизма расположены на X-хромосоме на расстоянии 50 морганид друг от друга. Оба признака наследуются по рецессивному типу.

1. Гетерозиготная по трем признакам женщина, у предков которой кроссинговера не отмечалось, выходит замуж за мужчину, страдающего одновременно цветовой и ночной слепотой и гомозиготного по обоим аутосомным рецессивным генам. Определите вероятные фенотипы детей, рожденных в этой семье.

2. Резус-положительная женщина с нормальной формой эритроцитов и с нормальным зрением выходит замуж за резус-отрицательного мужчину, с эллиптоцитозом и страдающего ночной слепотой. Известно, что отец женщины был резус-отрицательным и дальтоником, а мать различала цвета нормально, но страдала ночной слепотой. У мужчины страдал эллиптоцитозом лишь отец, а мать страдала ночной слепотой. Определите вероятность рождения в этой семье резус-отрицательных детей без других аномалий.

3. Гетерозиготная по всем признакам женщина выходит замуж за резус-отрицательного мужчину, нормального по остальным анализируемым признакам. Известно, что отец женщины был резус-отрицательным, имел эллиптоцитоз, страдал ночной слепотой, но цвета различал нормально. Определите вероятные фенотипы детей в этой семье.

87. У растения окрашенный цветок доминирует над неокрашенным, а желтая окраска растения рецессивна к зеленой. Два гетерозиготных растения были скрещены с рецессивной гомозиготной формой, в результате получено следующее потомство:

Окраска цветка	Окраска растения	Растения 1	Растения 2
Окрашенный	Зеленая	88	23
Окрашенный	Желтая	12	170
Неокрашенный	Зеленая	8	190
Неокрашенный	Желтая	92	17

Какие генотипы обоих гетерозиготных растений? Рассчитайте величину кроссинговера. Какое получилось бы потомство от самоопыления каждого из растений и при скрещивании их друг с другом?

88. Приведены результаты анализирующего скрещивания дрозофилы. Определите порядок генов и расстояние между ними, а также генотип гетерозиготного родителя. Обозначения генов: ec^+ - нормальные глазные фасетки, ec - крупные и грубые; cv^+ - есть поперечная жилка на крыле, cv - жилка отсутствует; ct^+ - нормальные крылья, ct - вырезки на крыльях.

$ec\ cv^+ct - 2125$ $ec^+ cv\ ct - 223$
 $ec^+cv^+ct - 265$ $ec^+ cv\ ct^+ - 2207$
 $ec\ cv\ ct - 3$ $ec\ cv^+ct^+ - 217$
 $ec\ cv\ ct^+ - 273$ $ec^+cv^+ct^+ - 5$

89. Самка дрозофилы гетерозиготна по трем мутациям: барным глазам (Bar), миниатюрным крыльям ($miniature$) и черному телу ($ebony$). Обратите внимание, что Bar - это доминантная мутация. Данную самку скрестили с самцом с нормальными глазами, миниатюрными крыльями и черным телом. Результаты скрещивания показаны в ниже:

- 111 miniature
- 29 дикий тип
- 117 Bar
- 26 Bar, miniature
- 101 Bar, ebony
- 31 Bar, miniature, ebony
- 35 ebony
- 115 miniature, ebony

Проанализируйте результаты скрещивания. Постройте карту этих генов и определите расстояние между сцепленными генами.

90.* Пять сцепленных с полом рецессивных генов дрозофилы (ec , sc , v , cv и ct) вызывают признаки, называемые эхином, щитком, киноварью, бесжилковостью и вырезанием соответственно. Эхинус — мутант, у которого грубые глаза с большими фасетками. Щиток проявляется отсутствием или уменьшением количества щетинок на отдельных участках тела. Вермилион — яркий оранжево-красный цвет глаз. Поперечная бесжилковость препятствует развитию опорных структур в крыльях. При разрезе образуются фестончатые и заостренные крылья с разнообразными (плейотропными) эффектами в других частях тела. В начале наших экспериментов мы не знали порядок генов. По результатам следующих трех экспериментов постройте генетическую карту этого участка X-хромосомы. По возможности используйте средневзвешенные значения.

Эксперимент 1. Самки эхируса ($echinus$), скрещенные с щитковыми бесжилковыми ($scute$, $crossveinless$) самцами, дали всех самок дикого типа и всех самцов эхируса ($echinus$) в F_1 . При анализирующем скрещивании самок F_1 результаты (включая потомство как мужского, так и женского пола) были следующими:

810 $echinus$ 62 $echinus$, $scute$
88 $crossveinless$ 103 $echinus$, $crossveinless$
89 $scute$ 828 $scute$, $crossveinless$

Эксперимент 2. Самки crossveinless скрещенные с echinus,cut самцами дали всех самок дикого типа и всех самцов crossveinless в F₁. При анализирующем скрещивании самок F₁ результаты (включая потомство как мужского, так и женского пола) были следующими:

2207 crossveinless	273 echinus, crossveinless
5 wild type	265 cut
3 echinus, crossveinless, cut	223 crossveinless, cut
2125 echinus, cut	217 echinus

Эксперимент 3. Скрещивание cut самок с vermilion, crossveinless самцами в потомстве дали всех самок дикого типа и cut самцов в F₁. При анализирующем скрещивании самок F₁ результаты (включая потомство как мужского, так и женского пола) были следующими:

766 vermilion, crossveinless	73 vermilion
759 cut	85 crossveinless, cut
140 vermilion, cut	2 wild type
158 crossveinless	2 vermilion, crossveinless, cut

91. У томатов известны следующие пары признаков: плод округлый (O) и плоский (o), опушенный (p) и неопушенный (P), цветки одиночные (S) и собранные в соцветие (s). Все три гена находятся во второй хромосоме. На основании результатов анализирующего скрещивания определите порядок генов и расстояние между ними, генотипы исходных гомозиготных растений.

OPS — 73 oPS - 110 OPs — 348 oPs — 2 OpS — 2 opS - 306 Ops — 96 ops — 63

Решение задач

80* Сначала пишем дано. Дано действия генов: AB – красный, ав – белый. Показываем родителей и потомков:

1) P ♀ $\frac{AB}{AB}$ ♂ $\frac{ab}{ab}$ F_b 2264 белый, 1651 AB, 2) P ♀ $\frac{Ab}{Ab}$ ♂ $\frac{aB}{aB}$ F_b 2274 белый, 162 AB

Нужно определить величину кроссинговера. Переходим к решению задачи. Напишем схему скрещивания: P ♀ $\frac{AB}{AB}$ x ♂ $\frac{ab}{ab}$. Полученный F₁ $\frac{AB}{ab}$ красного цвета. Проведем анализирующее скрещивание. P ♀ $\frac{AB}{ab}$ x ♂ $\frac{ab}{ab}$. Материнская особь дает 4 разные типы гамет, самец – однотипные гаметы. Заполняем решетку Пеннета. Растений с красными цветками внутри решетки – 1651, с белыми цветками – 2264. Чтобы найти количество растений с кроссоверными белыми цветками, происходящих из кроссоверных гамет, мы полагаемся на расщепление в F_b. Известно, что соотношение равно 1 : 1 : 1 : 1. Количество некроссоверных красноцветковых в решетке Пеннета равно 1651, количество некроссоверных белоцветковых равно 1651, то есть количество белых цветков также равно 1651. Из числа всех белых цветков 2264 отнять – 1651, количество кроссоверных белых цветков будет – 613.

Определяем величину кроссинговера по формуле: K% = a/A x 100%. A – количество всех потомков анализирующего скрещивания, a – количество кроссоверных особей. K % = 613/3915 x 100% ≈ 15%.

Теперь переходим ко второй части: P ♀ $\frac{Ab}{Ab}$ x ♂ $\frac{aB}{aB}$, F₁ $\frac{Ab}{aB}$ красного цвета. Проводим анализирующее скрещивание P ♀ $\frac{Ab}{aB}$ x ♂ $\frac{ab}{ab}$, делаем анализ полученного гибрида. В F_b – кроссоверные гаметы – AB и ав, их полученных 162 растения с красными цветками будут кроссоверными. Чтобы найти кроссоверных среди 2274 белоцветковых, мы полагаемся на правило, где количество особей кроссоверных всегда равны (F_b 1 : 1 : 1 : 1) между собой. То есть количество кроссоверных белых цветов будет – 162. Определяем величину кроссинговера: K = 324/2436 x 100 % ≈ 13%.

Теперь перейдем к оформлению решения задачи:

Дано:

AB – красный

ав – белый

1) P ♀ $\frac{AB}{AB}$ ♂ $\frac{ab}{ab}$

Решение:

1) P ♀ $\frac{AB}{AB}$ x ♂ $\frac{ab}{ab}$.

G AB ав

F_b 2264 белый, 1651 AB,

2) P ♀ $\frac{AB}{AB} \times \frac{aB}{aB}$

F_b 2274 белый, 162 AB

Найти:

K% - ?

F₁ $\frac{AB}{aB}$ красного цвета.

Проведем анализирующее скрещивание. P ♀ $\frac{AB}{aB} \times \frac{aB}{aB}$.

F_b

Красный – 1651

Кроссоверный белый – 613

Всего белых - 2264

Белые не кроссоверные - 1651

K = a/A x 100%

a = 2264 – 1651 = 613

A = 3915

K % = 613/3915 x 100% ≈ 15%.

2) Теперь переходим ко второй части:

P ♀ $\frac{AB}{aB} \times \frac{aB}{aB}$,

G AB aB

F₁ $\frac{AB}{aB}$ красного цвета.

Проводим анализирующее скрещивание

P ♀ $\frac{AB}{aB} \times \frac{aB}{aB}$

В F_b – кроссоверные гаметы – AB и aB, из полученных 162 растения с красными цветками будут кроссоверными.

Определяем величину кроссинговера:

a = 162 + 162 = 324

A = 2274 + 162 = 2436

K = 324 / 2436 x 100 % ≈ 13%

K = 324/2436 x 100 % ≈ 13%.

Ответ: I. K% ≈ 15% II. K% ≈ 13%

81*

Дано:

ABD

AB-20% BD – 10%

I. P ♀ $\frac{ABD}{ABD} \times \frac{abd}{abd}$

II. P ♀ $\frac{abd}{abd} \times \frac{+++}{+++}$

Найти:

F₁ гаметы - ?

F₂ ав + ав + $\frac{\square}{\square}$?

Решение:

I. P ♀ $\frac{ABD}{ABD} \times \frac{abd}{abd}$

G ABD abd

F₁ $\frac{ABD}{abd}$

F₁ G 68%

$\frac{ABD}{34}$ не кроссоверные

Кроссоверные: 20% 10% 2%

ABD aBD ABd aBd ABD aBd

10 10 5 5 1 1

K₂ = K₁ x K₁ / 100% = 20 x 10 / 100% = 2% (двойной кроссинговер)

Если принять все гаметы за 100%, процент некроссоверных будет -

K% = 100% - 32% = 68%

II. P ♀ $\frac{abd}{abd} \times \frac{+++}{\square}$ x P ♀ $\frac{+++}{abd}$ гаметы

кроссоверные

34% 5% 10% 1%

G abd +++

G родителей ++++двд+++

$$F_1 \frac{+++}{авд} \quad 34\% \quad 10\% \quad 5\% \quad 1\%$$

авда++ав+a+d

При слиянии родительских гамет и заполнении решетки

Пеннета в F_2 ав + ав + $\frac{1}{16}$ доля получаемых 0,25% (ав + (5%) x ав + (5%) 5 x 5 / 100% = 0,25%)

Ответ: I. $F_1 \frac{AVDавд AVд aVD AVд авД AvD aVD}{34 \quad 34 \quad 10 \quad 10 \quad 5 \quad 5 \quad 1 \quad 1}$

II. F_2 ав + ав + $\frac{1}{16}$ 0.25%

83. Сначала запишем дано: D – окрашенный, d – неокрашенный; S – морщинистый, s – гладкий; W – крахмалистый, w – восковидный. P ♀ $\frac{DSW}{DSW}$ ♂ $\frac{dsw}{dsw}$; P ♀ F_1 ♂ $\frac{dsw}{dsw}$

$$F_1 \frac{DSw}{601}, \frac{DsW}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dsW}{626}, \frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$$

Необходимо построить карту хромосомы и показать местоположение генов.

Приступим к решению задачи: P ♀ $\frac{DSW}{DSW}$ ♂ $\frac{dsw}{dsw}$ $F_1 \frac{DSW}{dsw}$ P ♀ $\frac{DSW}{dsw}$ x ♂ $\frac{dsw}{dsw}$

$$\text{Гаметы} \frac{DSw}{601}, \frac{DsW}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dsW}{626}, \frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$$

Чтобы построить карту хромосомы, нам нужно определить процент кроссинговера. Для этого воспользуемся формулой: $K\% = a/A \times 100\%$ A – общая сумма F_2 равно 6708. Сначала нам нужно найти процент кроссинговера между генами D и S. Для этого суммируем количества кроссоверных гамет (DSw, dSw, dSW, Dsw): $a = 4+2+113+116 = 235$. Теперь определим кроссинговер между генами S и W (DSw, DSw, dsW, dSw):

$a = 601+626+4+2 = 1233$. Определяем процент кроссинговера между генами D и S: $K\% = 235/6708 \times 100\% \approx 3,5\%$. Процент кроссинговера генов S и W : $K\% = 1233/6708 \times 100\% \approx 18,3\%$.

Расстояние между двумя крайними генами равно расстоянию между тремя соседними генами, то есть расстояние между генами D и W равно $3,5\% + 18,3\% = 21,8\%$. Это должно быть доказано следующим образом: кроссоверные гаметы между генами D и W: DSw, dSW, dsW, Dsw.

$$a = 601 + 113 + 626 + 116 = 1456$$

$$DW \quad K\% = 1456 / 6708 \times 100\% = 21,7\%.$$

Расстояние между генами DW должно быть равно 21,8%, однако результат эксперимента показывает только 21,7%, то есть не хватает еще 0,1%. Это связано с тем, что наряду с одинарными кроссинговерами одновременно проходили двойной кроссингер. Теперь нам нужно найти его величину. Кроссоверные гаметы от двойного кроссинговера $\frac{Dsw}{4}$ и $\frac{dSw}{2}$; $K_2\% = (K_1 \times K_1) / 100\%$ Теоретическая ожидаемость двойного кроссинговера: $K_2\% = (3,5\% \times 18,3\%) / 100\% = 0,6\%$. Величина фактического кроссинговера равна 0,1%. Расстояние между генами DW $K\% = 21,7\% + 0,1\% = 21,8\%$. Для количественных оценок уровня интерференции используется коэффициент коинциденции – C, который равен отношению реальной частоты двойных обменов к теоретически ожидаемой частоте (т. е. при условии, что обмены в соседних участках хромосом являются независимыми). $C = 0,1/0,6 \approx 0,17$, т. е. $C < 1$. Величину интерференции (I) определяют по формуле 3:

$$I = 1 - C \quad (3)$$

Если $C < 1$, то *интерференция положительная*, т. е. одиночный обмен препятствует обмену на соседнем участке хромосомы. Если $C > 1$, то *интерференция отрицательная*, т.е. один обмен как бы стимулирует дополнительные обмены на соседних участках. В действительности существует только положительная интерференция при реципрокной рекомбинации – кроссинговере, а кажущееся неслучайным совпадение двух и более обменов, характерное для очень коротких расстояний, результат не реципрокных событий при рекомбинации.

Чтобы нарисовать карту хромосомы, проводится прямая линия в горизонтальном направлении, на которой отмечается расположение генов в определенном порядке. То есть гены D и W расположены на обоих концах, а ген S расположен ближе к гену D, на расстоянии 3,5 % (или морганида). Ответив на вопросы задачи, переходим к ее оформлению.

Дано:

D – окрашенный
d – неокрашенный
S – морщинистый
s – гладкий
W – крахмалистый
w – восковидный

$P_{\text{♀}} \frac{DSW}{DSW} \times \text{♂} \frac{dsw}{dsw}$

$P_{\text{♀}} F_1 \text{♂} \frac{dsw}{dsw}$

$F_1 \frac{DSw}{601}, \frac{DsW}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dsW}{626}$

$\frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$

Найти:

Карта хромосомы - ?

Решение:

$P_{\text{♀}} \frac{DSW}{DSW} \times \text{♂} \frac{dsw}{dsw}$
Гамета DSWdsw

$F_1 \frac{DSW}{dsw}$

$P_{\text{♀}} \frac{DSW}{dsw} \times \text{♂} \frac{dsw}{dsw}$

$F_1 \frac{DSw}{601}, \frac{DsW}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dsW}{626}$

$\frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$

$\frac{DS}{K\%} = \frac{235}{6708} \times 100\% \approx 3.5\%$

$\frac{SW}{K\%} = \frac{1233}{6708} \times 100\% = 18.3\%$

$\frac{DW}{K\%} = \frac{1456}{6708} \times 100\% = 21.7\%$

$\frac{DW}{K\%} = 21.7\% + 0.1\% = 21.8\%$

21.8%

D	S	W
3.5%	18.3%	

Ответ: D – 3,5% – S – 18,3% – W, D – 21,8% – W.

85. Даны действия генов и величина кроссинговера: X^A – здоровый, X^a – гемофилия, X^B – здоровый, X^b – дальтонизм; $K\% = 9,8\%$ между a и b. Родителей женщины берем в скобки и пишем в ряд, чтобы не перепутать.

1. $P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{X^{AB}}{X^{AB}} \text{♂} \underline{X^{AB}Y}) P_{\text{♂}} \underline{X^{AB}Y}$ 2. $P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{X^{Ab}}{X^{Ab}} \text{♂} \underline{X^{AB}Y}) P_{\text{♂}} \underline{X^{ab}Y}$

В первом случае необходимо определить фенотип родившихся детей, во втором $F\%_{\text{♀}} \frac{X^{ab}}{X^{ab}} \times X^{ab}$ процент детей, которые также будут страдать $\underline{X^{ab}}$.

Приступаем к решению задачи. Сначала определяем генотип женщины, на основе данных про ее родителей, и так, генотип женщины - $P_{\text{♀}} \frac{X^{AB}}{X^{ab}}$ - дигетерозиготный. Пишем схему скрещивания и заполняем решетку Пеннета. I. $P_{\text{♀}} \frac{X^{AB}}{X^{ab}} \times \underline{X^{AB}Y}$. При анализе решетки Пеннет мы должны разделить величину кроссинговера (9,8%) на два кроссоверные: Ab и aB гаметы по 4,9%. Чтобы определить процент каждой клетки, запишем 100 процентов: для самок – 45,1% не кроссоверные, пишем 4,9% для каждой из кроссоверных гамет. А у самца кроссинговер не происходит, поэтому записывается по 50 процентов на каждую гамету. Девочки, рожденные от этого брака, оказались на 100% здоровыми, а сыновья – на 72,55% здоровыми, на 2,45% - дальтониками, на 2,45% - гемофиликами и на 22,55% - дальтониками и гемофиликами.

Теперь решаем вторую часть задачи. Мы определяем генотип женщины, глядя на ее родителей: $P_{\text{♀}} \frac{X^{Ab}}{X^{aB}}$. Генотип мужчины дан $P_{\text{♂}} \underline{X^{AB}Y}$. Необходимо определить процент рождаемости девочек и мальчиков, которые страдают обоими заболеваниями. Построим схему скрещивания: $P_{\text{♀}} \frac{X^{Ab}}{X^{aB}} \times \text{♂} \underline{X^{AB}Y}$.

Заполняем решетку Пеннета и проводим анализ полученного потомства. 2,45% (4,9 x 50 / 100% = 2,45%) рождаемых девочек и мальчиков окажутся дальтониками и гемофиликами. Ответили на вопросы задачи, теперь переходим к оформлению.

Дано:

$\underline{X^A}$ — здоровый; $\underline{X^a}$ — гемофилия
 $\underline{X^B}$ — здоровый; $\underline{X^b}$ — дальтоник
ав К % = 9,8%

1. $P_{\frac{X}{X}} \times (P_{\frac{X^{AB}}{X^{ab}}} \times \frac{X^{ab}}{Y})$ $P_{\frac{X^{AB}}{X^{ab}}} \times Y$

2. $P_{\frac{X}{X}} \times (P_{\frac{X^{Ab}}{X^{Ab}}} \times \frac{X^{ab}}{Y})$ $P_{\frac{X^{ab}}{X^{ab}}} \times Y$

Найти:

1. F% - ? 2. F% $\frac{X^{ab}}{X^{ab}}$ $\frac{X^{ab}}{Y}$ - ?

Решение:

$P_{\frac{X^{AB}}{X^{ab}}} \times \frac{X^{AB}}{Y}$

F 100% - здоровый; 72,55% – здоровый, 2,45% – дальтоник, 2,45% – гемофилик, 22,55% - дальтоник и гемофилик.

2. $P_{\frac{X^{Ab}}{X^{Ab}}} \times \frac{X^{ab}}{Y}$

F – 2.45% гемофилик и дальтоник

Ответ: 1. F – 100% - здоровый. F 72,55% - здоровый; 2,45% - дальтоник; 2,45% - гемофилик; 22,55% - дальтоник и гемофилик. 2. F – 2.45% - дальтоник и гемофилик.

89* Решение:

1. В решении данной задачи можно использовать карту хромосомы дрозофилы (рис. 11) или проанализировать результаты от анализирующего скрещивания. Ebony находится в III-й хромосоме – (локус 70,7), var (57,0) и miniature (63,1), на другой (I хромосоме), это видно и по результатам скрещивания.

2. Определяем расстояние между var и miniature: $\frac{57+64}{226+218+57+64} * 100 = \frac{121}{565} * 100 = 21,4\%$

Ответ: хромосома Хромосома III – ebony
хромосома I – Var _____21.4_____ miniature

90* Оформим решение данной задачи следующим образом:

Дано:

ec – эхинус
sc - без щетинок
cv – нет поперечной жилки
 $P_{\frac{ecsc+cv+}{ec\ sc+cv+}} \times \frac{ec+sv\ cv}{ec\ sv\ cv}$
F₁ $\frac{ecsc+cv+}{ec+sc\ cv}$ $\frac{ec\ sv+cv+}{ec\ sv+cv+}$
810 ec sc⁺ cv⁺
828 ec⁺ sc cv
88 ec⁺ sc⁺ cv
89 ec⁺ sc cv⁺
62 ec sc cv⁺
103 ec sc⁺ cv

Найти:

Расстояние между генами (S)?

Решение:

$P_{\frac{ecsc+cv+}{ec\ sc+cv+}} \times \frac{ec+sv\ cv}{ec\ sv+cv+}$

G $\frac{ec\ sc^+ cv^+}{ec^+ sc\ cv}$

F₁ $\frac{ecsc+cv+}{ec+sc\ cv}$ $\frac{ec\ sv+cv+}{ec\ sv+cv+}$
дикий тип эхинус

Найдем расстояние между ec и sc:

$K = \frac{62+88}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{150}{1980} * 100 = 7,6\%$

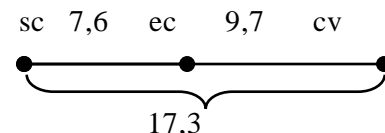
Найдем расстояние между sc и cv:

$K \% = \frac{88+103+62+89}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{342}{1980} * 100 = 17,3\%$

Найдем расстояние между ec и cv:

$K = \frac{89+103}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{192}{1980} * 100 = 9,7\%$

Теперь отметим порядок генов на условной хромосоме:



Ответ:

Эксперимент 1: sc (7.6) ec (9.7) cv
Эксперимент 2: ec (10.3) cv (8.4) ct
Эксперимент 3: cv (8.2) ct (15.2) v
Генетическая карта: sc (7.6) ec (10.1) cv (8.3) ct (15.2) v

91*. Решение задачи оформляется следующим образом:

Дано:

О – плод округлый
 о – п. плоский
 Р – опушенный
 р – неопушенный
 S – одиночные цветки
 s – соцветия
 OPS – 73
 OPs – 348
 OpS – 2
 Ops – 96
 oPS – 110
 oPs – 2
 opS – 306
 ops – 63

анализирующее скрещивание**Найти:**

Порядок генов и расстояние между ними (K%), генотипы родителей

Решение:

Так как в задаче говорится об анализирующем скрещивании, следовательно, один из родителей является рецессивной гомозиготой и его генотип $\frac{ops}{ops}$

Расстояние между генами характеризуется частотой кроссинговера, которое выражается формулой $K = \frac{a}{A} * 100\%$, где a – число кроссоверных особей, А – общее число особей.

Найдем расстояние между генами:

$$1) \frac{OP}{op}, a = 2+96+110+2=210; K = \frac{210}{1000} * 100 = 21\%$$

$$2) \frac{PS}{ps}, a = 73+96+110+63=342; K = \frac{342}{1000} * 100 = 34,2\%$$

$$3) \frac{OS}{os}, a = 73+2+2+63=140; K = \frac{140}{1000} * 100 = 14\%$$

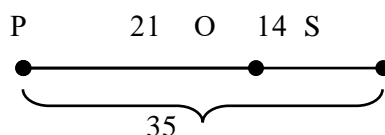
Таким образом гены в хромосоме расположены в следующем порядке Р – О – S. Но теоретическое расстояние между генами Р и S равно 21%+14%=35%, что не соответствует практическому расстоянию 34,2%. Это возможно при двойном кроссинговере между генами Р и S. Теперь необходимо определить частоту гамет, образовавшихся при двойном кроссинговере, путем произведения одиночных кроссинговером между Р – О и О – S:

$$K_2 = \frac{K_{PO} \times K_{OS}}{100\%}; K_2 = \frac{14 \times 21}{100\%} = 2,94\% \text{ - теоретически ожидаемый двойной кроссинговер.}$$

$$\text{Практический кроссинговер: } K_n = 35\% - 34,2\% = 0,8\%$$

$$\text{Тогда, расстояние между генами Р и S} = 34,2\% + 0,8\% = 35\%$$

Порядок генов в хромосоме изображается следующим образом:



Генотипы родителей: ♀ $\frac{POs}{poS}$ и ♂ $\frac{pos}{pos}$

Ответ: 1) Порядок генов: POS. 2) Расстояние между генами: (PO) = 21, (OS) = 14, (PS) = 35. 3)

Генотипы родителей: ♀ $\frac{POs}{poS}$ и ♂ $\frac{pos}{pos}$

Контрольные вопросы

1. Что такое сцепление генов и кроссинговер?
2. Каково биологическое значение кроссинговера?
3. Как классифицируется кроссинговер в зависимости от количества и качества?
4. Как определить процент кроссинговера?
5. Как построить генетическую карту?

VI. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА

Популяция (от лат. «популяцио» - резидент) – термин был введен в генетическую науку в 1903 году В. Йогансенем. Современный термин популяция, который одинаково применим к объектам как растений, так и животных, можно сформулировать так: совокупность особей одного вида, занимающих определенную территорию одного или нескольких биоценозов, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Популяция – это вид и простая единица измерения эволюции.

Генетическая структура популяции – это соотношение и набор аллелей генов всех особей. Генетическая структура популяции также включает понятие генетического веса вредных аллелей, на которые естественный отбор действует отрицательно. Изучением генетической структуры занимается популяционная генетика.

В популяционной генетике частота генотипов и аллелей выражается по-разному. При решении задач частота генотипов и аллелей выражается единичной дробью, например, 0,28 или 0,00031. Рассмотрим несколько примеров расчета частоты генотипов и аллелей единичной дробью в таблице 4.

Таблица – 4

<i>Различные способы определения частоты генотипа или аллеля</i>	<i>Расчет частоты, выраженной единичной дробью</i>
Из 420 человек в исследуемой популяции 84 имели доминантный признак.	$84 : 420 = 0,2$
В одной из популяций люди с рецессивной кровью (рецессивный признак) составляют 15%.	$15 : 100 = 0,15$
Частота больных фенилкетонурией равна 10^{-4} .	$10^{-4} = 1 : 10000 = 0,0001$
Распространенность ахондроплазии в европейских популяциях составляет 0,02 на 1000 новорожденных.	$0,02 : 1000 = 0,00002$
Алкаптонурия встречается с частотой 1 : 100000.	$1 : 100\ 000 = 0,00001$
Исследуемый признак встречается с частотой 0,09 в популяции с 30% неполной пенетрантностью.	$0,09 : 0,3 = 0,3$

Когда мы изучаем процесс эволюции, мы смотрим на генетические тенденции, происходящие в популяции. Генетическая эволюция - это изменение частоты генов в известной популяции. Поэтому популяционную генетику также можно рассматривать как часть эволюционной генетики.

Концепция, противоположная популяции по генетической структуре, - это чистая линия. Потомство самоопыляемого отдельного растения считается чистой линией.

Согласно закону Харди-Вайнберга, при отсутствии факторов простого эволюционного процесса (мутации, отбора, миграции и дрейфа генов) частота генов (аллелей) популяции быстро достигает известного равновесия и не изменяется в течение всех последующих поколений. Закон Харди-Вайнберга требует следующих условий:

✚ во-первых, количество организмов, входящих в популяцию, должно быть достаточно велико;

✚ во-вторых, чтобы разные генотипы имели одинаковую репродуктивную способность;

✚ в-третьих, сохранение случайного скрещивания в популяции.

Под случайным скрещиванием или панмиксией понимается свободное скрещивание организмов, входящих в популяцию, где частота всех комбинаций отражений одинакова. В индивидуальном порядке, например, генотип AA материнского организма может случайным образом скрещиваться самцом с генотипами Aa, aa или AA без каких-либо преимуществ. Следует понимать, что Панмиксия сохраняется на уровне гамет.

Закон Харди-Вайнберга выражается формулой 4. Предположим, что частота двух-а и А-аллелей в определенной популяции равна q и p.

$$p+q=1 \quad (4)$$

Гаметы с аллелем А встречаются с частотой р, тогда как гаметы с аллелем а имеют частоту q. Если слияние гамет с образованием зиготы происходит случайным образом, то генотип АА частота зиготы равна p^2 , генотип Аа частота зиготы равна $2pq$, а генотип аа частота зиготы равна q^2 , т. е. члены классификации биномиальной формулы $(pA+qa)^2 = p^2AA+2pqAa+q^2aa$.

Гомозиготные генотипы следующего поколения дают только один тип гамет, в то время как гетерозиготные генотипы дают одно и то же количество разных гамет. Если каждая особь в популяции дает в среднем одинаковое количество гамет, то доля каждой гаметы зависит от частоты различных фенотипов популяции, поэтому

$$A\text{-доля гамет: } p^2 \times 1/2(2pq) = p(p+q) = p$$

$$a\text{-доля гамет: } q^2 + 1/2(2pq) = q(p+q) = q$$

Следовательно, частота гамет А и а, которая корректируется в свободном скрещивании после одного поколения, когда нет эффекта отбора или мутации, равна частоте гамет, что дает начало этой популяции. Из этого следует, что соотношение генотипов не меняется и в последующих поколениях.

Из закона Харди-Вайнберга следует вывод: если исходные мужские и женские особи популяции имеют одинаковую частоту аллелей, то при случайном скрещивании равновесная частота любых генотипов реализуется в объеме одного поколения.

Используя формулу Харди-Вайнберга, можно проанализировать генетическую структуру популяции. Частоту гомо- и гетерозиготных генотипов в популяции по доминантному признаку можно рассчитать с помощью формулы Харди-Вайнберга, используя количество рецессивных гомозиготных особей (аа), фенотип которых явно заметен.

Задачи

92.* Например, в популяции из 5000 овец родились 2 слепых ягненка. Нетрудно догадаться, что дефект – это эффект рецессивного гена, то есть генотип слепых ягнят – аа. По формуле Харди-Вайнберга находим частоту этого генотипа в стае.

$$q^2aa = naa : N = 2 : 5000 = 0,0004.$$

Теперь можно найти частоту рецессивного гена: $qa = 0,02$. для определения частоты доминантного гена обратимся к уравнению $p+q = 1$:

$$pa = 1 - qa = 1 - 0,02 = 0,98.$$

Поскольку частота обоих аллелей известна, мы определяем теоретическую генетическую структуру популяции по локусу, который мы изучаем, используя формулу Харди-Вайнберга:

$$AA = p^2 = 0,98^2 = 0,9604 \text{ (95,04\% или 4802 головы)}$$

$$Aa = 2pq = 2 \times 0,98 \times 0,02 = 0,0392 \text{ (3,92\% или 196 голов)}$$

$$aa = q^2 = 0,02^2 = 0,0004 \text{ (0,04\% или 2 головы)}.$$

Чтобы проверить точность расчета, необходимо добавить частоту генотипов.

Расчет считается правильным, если их сумма равна 1. В нашем примере количество гетерозиготных животных с геном генетического дефекта равно 196.

Соотношение генотипов по трем аллельным локусам (назовем их A_1, A_2, A_3 , обозначим частоты р, q и r) распределяется следующим образом:

$$(pA_1 + qA_2 + rA_3)^2 = p^2 A_1A_1 + q^2 A_2A_2 + 2 pA_1qA_2 + 2 pA_1rA_3 + 2 qA_2rA_3$$

Соотношение генотипов здесь соответствует закону Харди-Вайнберга $p+q+r=1$ или $p+q+r=1$ или $(p+q+r)^2=1$.

Чтобы понять определение частоты генов в трех аллельных локусах, возьмем в качестве примера систему групп крови АВО человека.

93*. Допустим, в какой-либо популяции наблюдались следующие частоты группы крови:

$$A \text{ (II-группа крови. Генотип AA и AO)} = 0,43$$

$$B \text{ (III-группа крови. Генотип BB и BO)} = 0,17$$

$$AB \text{ (IV группа. Генотип AB)} = 0,04$$

$$O \text{ (I-группа крови. Генотип OO)} = 0,36$$

Обозначим частоту аллелей А, В и О через р, q и r. Тогда по закону Харди-Вайнберга частота рецессивного ОО генотипа будет равна r^2 , отсюда $r = \sqrt{0,36} = 0,6$.

Суммарная частота третьей и первой группы крови должна быть равна $(q+r)^2$. Следовательно, $(q+r)^2 = 0,17 + 0,36 = 0,53$, отсюда $q+r = 0,53 = 0,73$. Мы знаем, что $r = 0,6$, поэтому частота аллеля В будет равна $0,13$ ($q = 0,73 - 0,6$). А частота аллеля А, $p = 1 - (q+r) = 1 - 0,73 = 0,27$. $pA+qB+rO = 0,27+0,13+0,6 = 1$.

Еще один вывод из закона Харди-Вайнберга заключается в том, что редкие аллели присутствуют в популяции главным образом в гетерозиготном, а не в гомозиготном состоянии. Частота рецессивного аллеля в популяции равна q , частота рецессивных аллелей в гетерозиготах составляет $2pq$ (половина от $2pq$), а в гомозиготах – q^2 . Соотношение первой частоты ко второй равно $pq/q^2 = p/q$. Эта величина при малых значениях q приблизительно составляет $1/q$. Таким образом, чем ниже частота аллеля, тем большая доля этого аллеля присутствует в популяции в гетерозиготном состоянии. Примером этого является распространенность альбинизма и алкаптонурии в человеческой популяции.

94.* Частота рецессивного гена альбинизма составляет примерно 0,01. Частота людей с альбинизмом $q^2 = 0,0001$, т.е. один на 10 тысяч, а частота гетерозигот $2pq$ или около 0,02. ($qa = \sqrt{0,0001} = 0,01$, $pA = 0,99$, $Aa = 2pq = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198$).

Следовательно, частота встречаемости гена альбинизма у гетерозигот (равное половине частоты гетерозигот: $2pq/2 = 0,01$) в 100 раз больше, чем у гомозигот (0,0001).

95.* Частота людей, страдающих алкаптонурией (aa генотип), равна – 0,000001, т.е. 1 на 1 млн. Частота гетерозигот равна $Aa = 0,002$, а частота рецессивного аллеля равна – 0,001. Следовательно, число генов алкаптонурии в гетерозиготах примерно в 1000 раз больше, чем в гомозиготах.

Закон Харди-Вайнберга позволяет рассчитать ожидаемую (или теоретическую) частоту генотипов.

96* Допустим, что 500 адайских лошадей были расщеплены по локусу гемоглобина в следующем соотношении: 255 AA : 230 AB : 15 BB. Благодаря явлению кодоминантности в наследовании гемоглобинового типа, то есть генотипы HbAA, HbAB и HbBB, образованные аллелями HbV и HbV, легко отличить друг от друга по фенотипам. Следовательно, частоту аллелей (pA , qB) можно определить по количеству фенотипов:

$$pA = 2AA + AB / 2N = 2 \times 255 + 230 / 2 \times 500 = 0,74$$

$$qB = 2BB + AB / 2N = 2 \times 15 + 230 / 2 \times 500 = 0,26$$

$$\text{или } qB = 1 - pA = 1 - 0,74 = 0,26.$$

По частоте аллелей определяем теоретическое распределение частот лошадей по генотипам гемоглобинового типа:

$$AA = N \times pA$$

$$2 = 500 \times 0,742 = 273,8 \text{ особей (54,76\%)}$$

$$AB = N \times 2pA \times qB = 500 \times 2 \times 0,74 \times 0,26 = 192,4 \text{ особей (38,48\%)}$$

$$BB = N \times q^2$$

$$B = 500 \times 0,0676 = 33,8 \text{ особей (6,76\%)}$$

Отсюда можно сделать вывод, что исходя из закона Харди-Вайнберга, если на популяцию не влияют простые эволюционные факторы, частота генотипов ($AA = 0,5476$; $AB = 0,3848$ и $BB = 0,0676$) в следующих поколениях останется неизменной. Визуальное сравнение фактической частоты генотипа популяции ($AA = 255$; $AB = 230$; $BB = 15$) и его теоретической частоты ($AA = 273,8$; $AB = 192,4$; $BB = 33,8$ особей) показывает, что разница между ними есть. Следовательно, генетическое равновесие в популяции по изучаемому локусу не наблюдалось.

Для определения того, находится ли популяция в генетическом равновесии (согласно закону Харди-Вайнберга) или нет (согласно влиянию эволюционных факторов), используются два разных метода. Первый основан на следующей формуле:

$$p^2 AA \times qa$$

$$2 = (2pA \times qA/2)^2.$$

Если, $p^2 AA \times q^2 aa = (2pA \times qA/2)^2$ то такая популяция находится в генетическом равновесии, а $p^2 AA \times q^2 aa \neq (2pA \times qA/2)^2$, то в популяции изменен генный баланс изучаемого локуса.

Анализ значений нашего примера в этой формуле показывает:

$$p^2$$

$$AA = 255/500 = 0,51;$$

$$2pA \times qB = 230/500 = 0,46;$$

$$q^2$$

$$\text{если } BB = 15/500 = 0,03,$$

$$\text{то } p^2$$

$$AA \times q^2$$

$$BB = (2pA \times qB/2)^2 = 0,51 \times 0,03 = (0,46/2)^2$$

то есть $0,0153 \neq 0,05297$. Поскольку левая часть уравнения не равна правой, считается, что генетическое равновесие в локусе гемоглобина в этой популяции отсутствует.

Если проанализировать значения теоретической частоты генотипов популяции, полученной путем случайного скрещивания (из панмиксированной популяции) в отсутствие влияния эволюционных факторов, то можно убедиться, что генетическая структура такой популяции полностью соответствует закону Харди-Вайнберга:

Если $0,5476 \times 0,0667 = (0,3848/2)^2$, то $0,0370 = 0,0370$, обе части уравнения равны, то есть в такой популяции сохраняется генетическое равновесие по локусу гемоглобина.

Второй способ определения совпадения частоты фактической популяции и ее теоретической частоты, то есть генетическое равновесие популяции по изучаемому генетическому локусу, основан на методе *хи-квадрат*.

97* Например, предположим в исходной популяции из 8000 особей, частота аллеля А равна 0,6 (р), а частота его рецессивного аллеля равна 0,4 (q). Во-первых, следует рассчитать удержание (λ) разных генотипов после селекции. Для этого необходимо количество особей после отбора разделить на количество особей до отбора по каждому типу генотипа:

$$\lambda_{AA} = 2448 : 2880 = 0,85;$$

$$\lambda_{Aa} = 2726 : 3840 = 0,71;$$

$$\lambda_{aa} = 678 : 1280 = 0,53.$$

Хотя потери рецессивного генотипа (-602) намного меньше, чем гетерозиготного генотипа (-1114), следует отметить, что степень его сохранения низкая.

Расчет приспособленности генотипов популяции

Все генотипы: AA Aa aa

Число популяции

$$N \times p^2 \quad N \times 2pq \quad N \times q^2$$

$$\text{До отбора } 8000 \times 0,36 = 2880, \quad 8000 \times 2 \times 0,6 \times 0,4 = 3840, \quad 8000 \times 0,16 = 1280 \quad \text{Всего} - 8000$$

$$\text{После отбора } 2448 \quad 2726 \quad 678 \quad \text{Всего} - 5852$$

$$\text{Потеря} \quad -432 \quad -1114 \quad -602 \quad \text{всего потеря} - 2148$$

$$\text{Сохранность } \lambda \quad 0,85 \quad 0,71 \quad 0,53 \quad 0,73$$

Смертность особей в любой природной популяции всегда разная. Например, количество белых антилоп, погибших во время засухи превышает обычные условия. Чтобы описать приспособленность генотипа, степень сохранения (λ) каждого генотипа делят на степень сохранения генотипа, которая является самой высокой.

В нашем примере:

$$W_{AA} = 0,85 / 0,85 = 1,00;$$

$$W_{Aa} = 0,71 / 0,85 = 0,83;$$

$$W_{aa} = 0,53 / 0,85 = 0,62.$$

Значение относительной приспособленности указывает направление отбора и, следовательно, способ изменения частоты генов. Тем не менее, он не может описать динамику популяции, потому что это относительное значение, и по его значению ничего нельзя сказать об увеличении или уменьшении численности популяции. Обратите внимание, что наименее летальный генотип имеет склонность 1, но это не означает, что этот генотип не погибнет. Это показывает, что только генотип AA реже погибает, чем другие генотипы.

Селективное преимущество определенного аллеля над его альтернативным аллелем может быть выражено в процентах или в виде коэффициента (s) отбора. Числовое значение коэффициента отбора определяется относительной частотой альтернативного аллеля. Его значение варьируется от 0 до 1: $s = 1 - W$

В нашем примере:

$$s_{AA} = 1 - W_{AA} = 1 - 1 = 0;$$

$$s_{Aa} = 1 - W_{Aa} = 1 - 0,83 = 0,17;$$

$$s_{aa} = 1 - W_{aa} = 1 - 0,62 = 0,38$$

Частота нового аллеля (a), образующегося в результате мутации или миграции будет изначально ниже. Так как она имеет некоторое селективное преимущество перед исходным аллелем (A), частота нового аллеля увеличивается, а частота аллеля А уменьшается за счет отбора. Популяция даже может полностью переключиться с аллеля А на аллель а. Скорость изменения частоты аллелей прямо пропорциональна значению S, то есть при высоком значении коэффициента отбора увеличение частоты нового аллеля происходит быстрее, а при низком коэффициенте происходит медленно.

Определите следующие ключевые слова и понятия: популяционная генетика, чистая линия, инбредная депрессия, закон Харди-Вайнберга, случайное скрещивание, панмиксия, эволюционные факторы, мутационный процесс, миграция, отбор, дрейф генов, естественный отбор, дарвиновская или сравнительная приспособленность.

Решение задач

98.* Анализ популяции показал, что встречаемость людей, обладающих аутомсомным рецессивным признаком, равна 0,04. Какова частота гетерозигот в этой популяции?

Используем закон Харди-Вайнберга:

$$p + q = 1$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$1) q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,04} = 0,2$$

$$2) p = 1 - q = 1 - 0,2 = 0,8$$

$$3) 2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32$$

Дано: 0,04 = q ²	Решение: p + q = 1
Найти: 2pq	p ² + 2pq + q ² = 1 1) q = √q ² = √0,04 = 0,2 2) p = 1 - q = 1 - 0,2 = 0,8 3) 2pq = 2 × 0,8 × 0,2 = 0,32

Ответ: 2pq=0,32

99* Альбинизм у овса наследуется как аутомсомный рецессивный признак. На участке из 84000 растений 210 оказались альбиносами. Определить частоту гена альбинизма у овса.

Решение: В связи с тем, что альбинизм у овса наследуется как аутомсомный рецессивный признак, все растения альбиносы будут гомозиготны по рецессивному гену — aa. Частота их в популяции (q²) равна 210/84000 = 1/400 = 0,0025. Частота рецессивного гена a будет равна √0,0025. Следовательно, q = 0,05.

Дано: А-здоровый а -альбинизм всего: 84000 растений aa = 210 альбинос	Решение: q ² =210/84000=1/400=0,0025 q= √0,0025=0,05
Найти: q-?	

Ответ: q=0,05

100. Альбинизм у кукурузы наследуется как аутомсомный рецессивный признак. У некоторых сортов кукурузы растения-альбиносы встречаются с частотой 25:10000. Определите частоту аллеля альбинизма у этих сортов кукурузы.

101. На одном из островов было отстреляно 10000 лисиц, из них оказалось 9991 рыжая и 9 белых особей. Рыжий цвет доминирует над белым. Определите процентное соотношение рыжих гомозиготных, рыжих гетерозиготных и белых лисиц.

102* У крупного рогатого скота красная масть неполностью доминирует над белой (гибриды имеют чалую окраску). В районе обнаружены: 4169 красных, 756 белых и 3780 чалых животных. Определите частоту аллелей красной и белой окраски скота в данном районе.

Решение:

Если ген красной масти животных обозначить через А, а ген белой – а, то у красных животных генотип будет АА (4169), у чалых Аа (3780), у белых – аа (756). Всего зарегистрировано животных 8705. Можно рассчитать частоту гомозиготных красных и белых животных в долях единицы. Частота белых животных будет 756 : 8705 = 0,09. Следовательно q²

= 0,09. Частота рецессивного гена $q = \sqrt{0,09} = 0,3$. Частота гена А будет $p = 1 - q$. Следовательно, $p = 1 - 0,3 = 0,7$.

Ответ: $p = 0,7$, $q = 0,3$.

103. Альбинизм (отсутствие меланина в коже) наследуется как рецессивный аутосомный признак. Заболевание встречается с частотой 1:20000. Вычислите количество гетерозигот в популяции.

104. Алкаптонурия характеризуется окрашиванием хрящевых тканей и быстрым потемнением мочи. Наследуется как аутосомный рецессивный признак и заболевание встречается с частотой 1:100000. Вычислите частоту гомозиготных носителей доминантного аллеля в этой популяции.

105*. У человека альбинизм – аутосомный рецессивный признак. Заболевание встречается с частотой 1/20000. Определите частоту гетерозиготных носителей заболевания в районе.

Альбинизм наследуется рецессивно. Величина 1/20000-это q^2 . Следовательно, частота гена а будет: $q = \sqrt{1/20000} = 1/141$. Частота гена р будет: $p = 1 - q$; $p = 1 - 1/141 = 140/141$. Количество гетерозигот в популяции равно $2pq$.

$2pq = 2 \times (140/141) \times (1/141) = 1/70$ или 1,4%.

106*. Группа крови Кидд определяется двумя генами: I_k^a и I_k^b . Лица, несущие ген I_k^a являются Кидд – положительными. Частота гена I_k^a среди населения Кракова равна 0,458. Частота Кидд – положительных людей среди африканцев равна 80%. Определите генетическую структуру популяции г. Кракова и негров по системе Кидд.

Решение:

В условиях задачи дана частота доминантного гена по системе группы крови среди жителей Кракова: $p = 0,458$. Тогда частота рецессивного гена $q = 1 - 0,458 = 0,542$. Генетическая структура популяции состоит из гомозигот по доминантному гену – p^2 , гетерозигот – $2pq$ и гомозигот по рецессивному гену – q^2 . Отсюда $p^2 = 0,2098$; $2pq = 0,4965$; $q^2 = 0,2937$.

Пересчитав это в %, можем сказать, что в популяции лиц с генотипом $I_k^a I_k^a$ 20,98%; $I_k^a I_k^b$ 49,65%; $I_k^b I_k^b$ 29,37%.

Для негров в условиях задачи дано число кидд-положительных лиц, имеющих в генотипе доминантный ген $I_k^a I_k^a$ и $I_k^a I_k^b$, т. е. $p^2 + 2pq = 80\%$, или в долях единицы 0,8. Отсюда легко высчитать частоту кидд-отрицательных, имеющих генотип $i_k i_k$: $q^2 = 100\% - 80\% = 20\%$, или в долях единицы: $1 - 0,8 = 0,2$.

Теперь можно высчитать частоту рецессивного гена I_k^b , $q = \sqrt{0,2} = 0,45$. Тогда частота доминантного гена I_k^a будет $p = 1 - 0,45 = 0,55$. Частота гомозигот по доминантному гену (p^2) равна 0,3 или 30%. Частота гетерозигот $I_k^a I_k^b$ ($2pq$) равна 0,495, или приблизительно 50%.

107. Врожденный вывих бедра наследуется доминантно, средняя пенетрантность 25%. Заболевание встречается с частотой 6:10000 (, 1968). Определите число гомозиготных особей по рецессивному гену.

Решение:

Генотипы лиц, имеющих врожденный вывих бедра, АА и Аа (доминантное наследование). Здоровые лица имеют генотип аа. Из формулы $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ ясно, что число гомозиготных по рецессивному гену особей (аа) $q^2 = 1 - (p^2 + 2pq)$. Однако приведенное в задаче число больных (6 : 10 000) представляет собой не $p^2 + 2pq$, а лишь 25% носителей гена А, а истинное число людей, имеющих данный ген, в четыре раза больше, то есть $\frac{p^2+2pq}{4}$. Поэтому, $p^2+2pq = \frac{4 \times 6}{10000} = \frac{24}{10000}$. Тогда q^2 (число гомозиготных по рецессивному гену особей) равно $q^2 = 1 - \frac{24}{10000} = \frac{9976}{10000} = 99,76\%$.

108. Подагра определяется доминантным аутосомным аллелем гена. Пенетрантность гена у мужчин составляет 20%, а у женщин равна 0%. Определите генетическую структуру популяции, если среди 10000 жителей подагру имеют примерно 190 человек.

Дано:

А – подагра

а – нормальный

Пенетрантность у ♂ = 20%

Пенетрантность у ♀ = 0%

Количество жителей = 10 000 человек

Решение:

1) Находим процент проявления подагры в данной популяции:

$190 / 10\ 000 = 0,019$ или 1,9%

2) Поскольку пенетрантность этого признака у мужчин составляет

Количество жителей, больных подагрой = 190 человек

Найти:
G-?

20%, то $1,9\% \times 5 = 9,5\%$

3) Поскольку мужской и женский пол наследуются по 50%, то количество людей, имеющих генотипы AA и Aa, составит:

$$9,5\% \times 2 = 19\%$$

4) Определяем количество людей с генотипом aa:

$100\% - 19\% = 81\%$ или 0,81 (это соответствует величине q^2)

5) Находим q и p:

$$q = \sqrt{0,81} = 0,9$$

$$p = 1 - q = 1 - 0,9 = 0,1$$

6) Подсчитываем частоты встречаемости доминантных фенотипов AA и Aa:

$$AA (p^2) = (0,1)^2 = 0,01 = 1\%$$

$$Aa (2pq) = 2 \times 0,1 \times 0,9 = 0,18 = 18\%$$

Ответ: в данной популяции генотипы встречаются следующим образом: AA – 1%; Aa – 18%; aa – 81%.

109. При скрещивании гомозиготных желтых и серых плодовых мушек *Drosophila* получены следующие результаты:

Родители	Потомки
Серая самка x желтый самец	Все серые
Желтая самка x серый самец	Все самцы – желтые Все самки – серые

Какое из следующих утверждений правильное ?

A. Аллели, определяющие серую и желтую окраску тела кодоминантны

B. Аллель, определяющий серую окраску тела – сцеплен с X хромосомой и рецессивный

C. Аллель, определяющий желтую окраску тела, сцеплен с X-хромосомой и доминантный

D. Аллель, определяющий серую окраску тела, сцеплен с X-хромосомой и доминантный

E. Аллель, определяющий желтую окраску тела, локализован в аутосоме и рецессивный

110. Человек, занимающийся разведением норок, позволил им свободно спариваться. Он обнаружил, что в среднем, 9% его норок имели жесткий мех, что при продаже приносило меньше дохода. Поэтому он решил сфокусировать внимание на мягком мехе и не разрешил норкам с жестким мехом спариваться. Признак жесткого меха наследуется как аутосомный рецессивный аллель. Какой процент (теоретически) норок с жестким мехом он получит в следующем поколении? (Ответ: 5,3%)

Контрольные вопросы

1. Закон Харди-Вайнберга и его значение.
2. Генетическая структура популяции.
3. Частота генотипов и аллелей в популяционной генетике.
4. Эволюция в генетическом отношении – изменение частоты генов в определенной популяции.
5. Анализ генетической структуры популяции с использованием формулы Харди-Вайнберга.

VII. ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА

Генетика человека – фундаментальная и прикладная наука. Все закономерности наследственности и изменчивости, рассматриваемые наукой генетики, также присущи человеку, Homo Sapiens. По наследственности и изменчивости человек существенно не отличается от других животных. Во всех случаях наследственная черта передается из поколения в поколение через гены, находящиеся в хромосоме. Отличие человека от животных состоит в том, что он обладает сознательностью и вторичной сигнальной системой, в связи с чем его способность адаптироваться к внешней среде также является большой вероятностью. Поскольку человечество в целом живет в обществе, социальные факторы также играют роль в его эволюционном развитии. Особенность человека как генетического объекта заключается в наличии множества противоречий, затрудняющих изучение его генетики. К ним относятся: поздняя половозрелость, небольшое количество потомков каждой семье, невозможность уравновесить среду обитания всех потомков, наличие большого количества хромосом, невозможность экспериментировать с человеком, и главное противоречие заключается в том, что существуют социальные особенности, такие как национализм, расизм, которые препятствуют развитию некоторых наследственных черт человека, таких как способности и поведение.

Методы исследования наследственности человека

К методам изучения наследственности генетики человека относятся: генеалогический, цитогенетический, близнецовый, онтогенетический, популяционный и биохимические методы.

Генеалогический метод. В основе этого метода лежит изучение наследования различных признаков, черт или заболеваний, которые есть у человека, исходя из его происхождения. Чтобы составить родословную необходимо знать символы генеалогического древа (рис. 12). Для этого собирается информация по изучаемому признаку в течение нескольких поколений с отцовской и материнской стороны и на ее основе составляется генеалогическая схема. Некоторые свойства и признаки могут передаваться любому поколению, то есть наследуются по доминантному типу и подчиняются законам Менделя. К ним относятся: полидактилия (лишние пальцы), лицевые веснушки, катаракта, черные волосы и др. Согласно генеалогическому методу, некоторые способности человека, например умение музицировать и красноречиво говорить, были в семье известного композитора И. Баха.

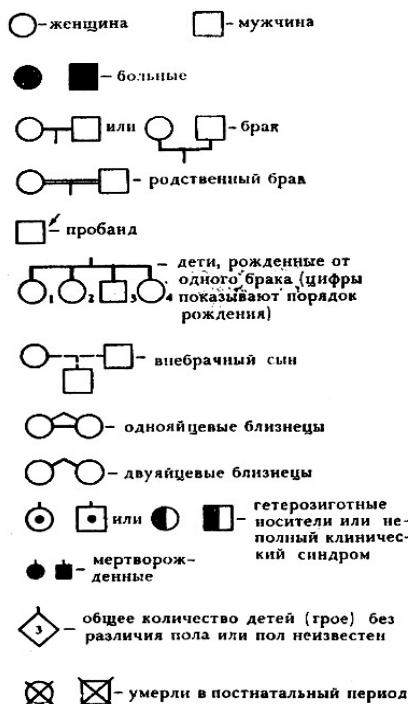


Рисунок 12. Основные символы, принятые для составления и анализа родословных

Генеалогическим методом установлено, что многие заболевания наследуются из поколения в поколение и одним из них является – гемофилия. По этому заболеванию составлена генеалогическая схема династии английской королевы Виктории. Виктория и ее супруг, а также по их предкам никто не страдал гемофилией. Но у одного из родителей Виктории, должно быть, была мутация в зародышевой клетке. В связи с этим королева Виктория стала носителем гена гемофилии и передала его многим своим потомкам, то есть все потомки мужского пола, получившие X-хромосому с мутантным геном от Виктории, страдали гемофилией. Основной целью генеалогического метода является создание генеалогической модели на основе собранных данных и ее анализ. Человека, который начинает генеалогическое исследование, называют пробандом. Его/ее братья и сестры называются сибсами.

Цитогенетический метод. С помощью этого метода проводится цитогенетический анализ кариотипа или набора хромосом здорового или больного человека. Впервые с помощью этого метода в 1956 году Дж. Тийо и А. Леван обнаружили, что в нормальных условиях клетки тела человека содержат 22 пары аутомосом и одну пару половых хромосом. Было показано, что у мужчины половая хромосома является гетероморфной (ХУ), а у женщины – гомоморфной (ХХ), как упоминалось ранее в теме о генетике пола. Использование этого метода позволило наблюдать хромосомные изменения, происходящие в клетках тела и половых клеток человека. Такие изменения становятся причиной появления на свет различных заболеваний. Поэтому цитогенетический метод используется в медицине в диагностических целях.

Близнецовый метод. Близнецы — обычное явление среди людей. Они бывают двух типа: монозиготные и дизиготные близнецы. Монозиготные близнецы – это развитие двух зигот в результате оплодотворения одной яйцеклетки одним сперматозоидом. Такие близнецы всегда идентичны, потому что у них один и тот же генотип. Близнецы, развившиеся в результате одновременного оплодотворения двух яйцеклеток двумя разными сперматозоидами, могут быть не очень похожи друг на друга. Это связано с тем, что комбинация генов в разных яйцеклетках и сперматозоидах различна. Среди них однояйцевые близнецы являются удобным материалом для изучения важнейшей общепроцессуальной проблемы или влияния наследственности и внешней среды на развитие признаков. Например, данный метод может определить значение воспитания и обучения для развития и формирования врожденной способности человека. Кроме того, близнецовый метод помогает предопределить предрасположенность человека к некоторым наследственным заболеваниям (шизофрени, эпилепсии, гемофилии и др.).

Онтогенетический метод. С помощью этого метода определяют, имеют ли место наследственные изменения в ходе онтогенеза или личностного развития человека. Некоторые наследственные заболевания могут наблюдаться не только у гомозиготных организмов с ответственными за них рецессивными генами, но и у гетерозиготных. Например, заболевание шизофренией определяется рецессивным геном, и о нем известно только в том случае, если больной получает такой ген от обоих родителей, т. е. является рецессивной гомозиготой (aa). А в случае гетерозиготности (Aa) этот человек не должен болеть. Но иногда в онтогенезе такой человек сталкивается с трагической ситуацией, и при стрессе у него может развиться болезнь. Таким образом, значение онтогенетического метода состоит в том, чтобы застраховать будущие поколения от тяжелых последствий путем выявления рецессивных генов, несущих в онтогенезе определенное заболевание.

Популяционный метод. С помощью этого метода изучается частота распространения различных наследственных изменений в популяции человека. Распространенность наследственных генотипических изменений в разных популяциях человека различна. Например, на Марианских островах и Гуаме смертность от рассеянного склероза в 100 раз выше, чем в других странах. Точно так же из 2000 жителей деревни, расположенной на берегу реки Роны 199 в Швейцарии, 50 глухонемых, 200 глухих. Это связано с тем, что из-за отсутствия миграции отдельные семьи и родственники не могут распространяться и размножаться, поэтому увеличивается количество генов, несущих некоторые наследственные заболевания.

Биохимический метод. Этот метод в последнее время широко используется при изучении генетики человека. Различные наследственные изменения у человека напрямую связаны с нарушением клеточного метаболизма. Это белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, жиры и т. д., которые являются частью этой клетки, имеющие прямое отношение. Например, если есть изменение в молекуле ДНК, значит, изменился ген. Потому что сам ген состоит из этой ДНК и такое изменение является наследственным. Биохимический метод имеет большое практическое

значение. Например, родителей ребенка можно точно определить по анализу ДНК. Этот метод теперь также используется в археологических исследованиях.

Задачи

111* Пробанд (указано стрелкой) страдает ночной слепотой. Его два брата также больны. По линии отца пробанда страдающих ночной слепотой не было. Мать пробанда больна, две сестры и два брата матери пробанда здоровы. Они имеют только здоровых детей. По материнской линии дальше известно; бабушка больна, дед здоров; одна сестра бабушки больна, а другая – здорова; прадедущка (отец бабушки) страдал ночной слепотой, сестра и брат прадедущки были больны; прапрадедущка болен, его брат, имеющий больную дочь и двух больных сыновей, также болен. Жена пробанда, ее родители и родственники здоровы.

Определите вероятность рождения больных детей в семье пробанда.

Давайте решим *задачу* и создадим для нее генеалогическую схему.

Решение задачи производится путем составления схемы родословного дерева (рис. 13) и его анализа. Анализ родословной показывает, что данная форма ночной слепоты наследуется как доминантный аутосомный признак – А. Следовательно, пробанд имеет генотип – Аа (его отец здоров, генотип отца аа). Жена пробанда здорова, ее генотип аа. Зная генотипы супругов, нетрудно решить, что вероятность рождения здоровых и больных детей в семье пробанда равновелика – 50%.

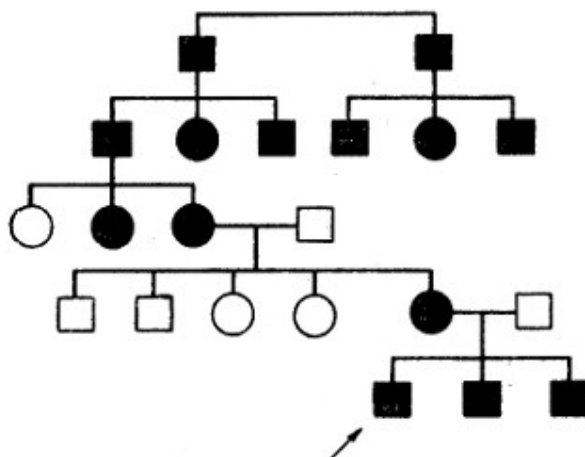


Рисунок 13. Родословное дерево к задаче 111*

112* Пробанд имеет белый локон в волосах надо лбом. Брат пробанда без локона. По линии отца пробанда аномалии не отмечено. Мать пробанда с белым локоном. Она имеет трех сестер. Две сестры с локоном, одна без локона. У одной из теток пробанда со стороны матери сын с локоном и дочь без локона, у второй – сын и дочь с локоном и дочь без локона. Третья тетка пробанда со стороны матери без локона имеет двух сыновей и одну дочь без локона. Дед пробанда по линии матери и двое его братьев имели белые локоны, а еще двое были без локонов. Прадед и прапрадед также имели белый локон надо лбом.

Определите вероятность рождения детей с белым локоном надо лбом в случае, если пробанд вступит в брак со своей двоюродной сестрой, имеющей

113. Молодожены нормально владеют правой рукой. В семье женщины было еще две сестры, нормально владеющие правой рукой, и три брата – левши. Мать женщины – правша, отец – левша. У отца есть сестра и брат левши и сестра и два брата правши. Дед по линии отца правша, бабка – левша. У матери женщины есть два брата и сестра – все правши. Мать мужа – правша, отец – левша. Бабки и деды со стороны матери и отца мужа нормально владели правой рукой. Определите вероятность рождения в этой семье детей, владеющих левой рукой.

114. Оба супруга гетерозиготны по альбинизму. От них родились разнояйцевые близнецы. Какова вероятность того, что они оба альбиносы? А) 25 % Б) 50 % В) 75 % Г) 100 % Д) 12,5 %.

115. Гетерозиготные организмы (Аа, Сс, Вв). Сколько гамет образуются? А) 1 Б) 2 В) 3204 Г) 4 Д) 6

116. Известно, что наличие шести пальцев у человека определяется доминантным геном, а наличие пяти пальцев - рецессивным геном. Пятипалая женщина вышла замуж за гетерозиготного шестипалого мужчину. Какова вероятность того, что в семье есть ребенок с шестью пальцами? А) 25 % Б) 50 % В) 75 % Г) 100 % Д) 12,5 %

117. Возможно ли иметь детей с пятью пальцами в семье где оба супруга гомозиготны по полидактилии? А) да Б) нет В) частично возможно Г) частично невозможно Д) нет правильного ответа

118. Если две однояйцевые девушки, выйдут замуж за двух мужчин – близнецов, будут ли рожденные от них дети похожими друг на друга? А) да Б) нет В) частично возможно Г) частично невозможно Д) нет правильного ответа

119. Кареглазый мужчина женился на голубоглазой девушке. Кареглазость доминирующий признак. От них родятся 8 кареглазых детей. Определите генотип детей в этой семье. А) АА Б) Аа В) аа Г) Аа аа Д) АА АА

120. Кареглазый правша женился на голубоглазой правше. Их первый ребенок был левшой с голубыми глазами. Каков генотип этого ребенка? А) АаВв Б) ААвв В) ааВВГ) ааВв Д) аавв

121. У человека ген гипофосфемии расположен на X-хромосоме. Мужчина, страдающий этим заболеванием, женится на здоровой женщине. Сколько их сыновей болеет? А) один из двух Б) один из четырех В) один Г) один из трех Д) не болеют

122. Мужчина с наследственным заболеванием женится на здоровой женщине. У них есть 8 детей: 4 дочери и 4 сына. Все дочери были больны, а сыновья здоровы. Как наследуется заболевание? А) аутосомно-рецессивный Б) аутосомно-доминантный В) сцепленный с X-хромосомой Г) доминантный сцепленный с X-хромосомой Д) рецессивный сцепленный с X-хромосомой.

123. У человека болезнь ночной слепоты передается по наследству как доминантный признак. Какова вероятность рождения больного ребенка в семье со здоровой матерью и больным отцом? А) 25% Б) 50% В) 75% Г) 100% Д) 12,5%

124. Болезнь ночной слепоты у человека передается по наследству как доминантный признак. Если мать здорова, а отец гетерозиготен по данному заболеванию, какова вероятность рождения в семье больного ребенка? А) 25% Б) 50% В) 75% Г) 100% Д) 12,5% 206

125. Группа крови ребенка и его сестры – четвертая. Определите группы крови их родителей. А) I и II, Б) I и IV, В) II и III, Г) I и III, Д) III и IV

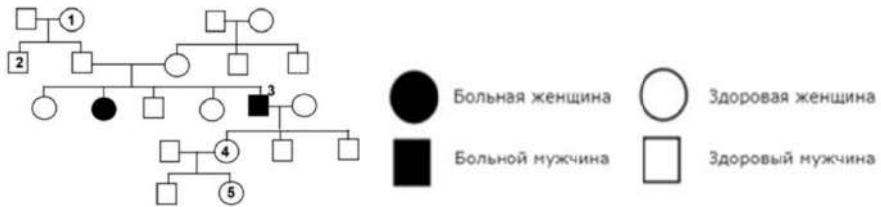
126. Этот метод основан на изучении наследования различных признаков и свойств или заболеваний у человека в зависимости от их происхождения: А) генеологический метод Б) близнецовый метод В) популяционный метод Г) цитогенетический метод Д) биохимический метод

127. Новая отрасль генетики, изучающая болезни, развивающиеся вследствие генетической предрасположенности людей при применении тех или иных лекарственных средств: А) новая генетика Б) фармакогенетика В) медицинская генетика Г) экогенетика Д) паратипическая генетика

128. Наблюдение за генетической основой псориаза и сахарного диабета: А) частота заболевания значительно выше у монозиготных близнецов, чем у дигетерозиготных Б) частота заболевания значительно выше у дигетерозиготных близнецов, чем у монозиготных В) дискордантность высока у монозиготных близнецов Г) конкордантность высокая у дигетерозиготных близнецов; Д) конкордантность низкая у монозиготных близнецов.

129. Пробанд болен врожденной катарактой. Он состоит в браке со здоровой женщиной и имеет больную дочь и здорового сына. Отец пробанда болен катарактой, а мать здорова. Мать пробанда имеет здоровую сестру и здоровых родителей. Дедушка по линии отца болен, а бабушка здорова. Пробанд имеет по линии отца здоровых родных тетю и дядю. Дядя женат на здоровой женщине. Их три сына (двоюродные братья пробанда по линии отца) здоровы. Какова вероятность появления в семье дочери пробанда больных внуков, если она выйдет замуж за гетерозиготного по катаракте этого типа мужчину?

130. Перед вами генеалогия семьи, пораженной определенной болезнью. Это заболевание проявляет полную пенетрантность и встречается у 25% населения.



Укажите **ВЕРНЫЕ** и **НЕВЕРНЫЕ** утверждения об этой генеалогии.

- А) Данная генеалогия наследуется путем сцепления с X-хромосомой **Н**
- Б) Генотип организма номер 4 гетерозиготен **В**
- В) Вероятность того, что организм номер 5 является носителем, составляет $\frac{2}{3}$ **Н**
- Д) Вероятность того, что организм номер 1 является носителем, составляет $\frac{2}{3}$ **В**

Контрольные вопросы

1. Особенности человека как генетического объекта.
2. Методы изучения наследственности человека.
3. В основе генеалогического метода лежит изучение наследственности человека по признаку его происхождения.
4. Распространенные наследственные заболевания человека.
5. Достижения исследований в области генетики человека.

ГЛОССАРИЙ

Аллельные гены — это различные формы одного и того же гена, расположенные на соответствующих местах в хромосомах.

Аутосома — это любая хромосома, которая не является половой хромосомой.

Биологический прогресс — это процесс изменения и улучшения биологических организмов, видов и популяций в течение времени.

Биологический регресс — это обратный процесс к биологическому прогрессу, когда организмы и виды теряют свои адаптивные характеристики и возвращаются к более примитивным формам.

Воспроизводимость — это способность организмов размножаться и передавать свои генетические характеристики потомкам.

Гаметы или половые клетки — это специализированные клетки, которые участвуют в процессе размножения и слияния для образования нового организма.

Гемофилия — это генетическое нарушение свертываемости крови, которое приводит к повышенной склонности к кровотечениям.

Ген — это участок ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты), который кодирует информацию о наследственных свойствах организма.

Геном — это полный набор генетической информации, содержащейся в клетках организма.

Генотип — это генетическая информация, содержащаяся в клетках организма, которая определяет его наследственные черты и характеристики.

Генофонд — это совокупность всех генетических материалов (генотипов) в популяции или видах, которые передаются от поколения к поколению.

Гетерозиготный организм — это организм, у которого гены для определенного признака представлены двумя разными аллелями.

Гетерозис — это свойство организмов, которое характеризуется повышением выносливости и силы у потомков первого поколения в сравнении с родителями.

Гибридологический метод — это метод, используемый в генетике и селекции, который заключается в скрещивании двух различных генотипов или видов для получения гибридных потомков.

Гомозиготный организм — это организм, у которого оба аллеля определенного гена одинаковы.

Гомологичные хромосомы — пара хромосом приблизительно равной длины, с одинаковым положением центромеры и дающие одинаковую картину при окрашивании.

Дигибридное скрещивание — это скрещивание родительских особей, различающихся по двум парам альтернативных признаков и, соответственно, по двум парам аллельных генов.

Доминантный ген — такая аллель, которая определяет проявление признака в гомо- и гетерозиготном состоянии. Признак, в этом случае, называют доминантным.

Изменчивость — способность организмов приобретать новые признаки.

Кодоминирование (независимое проявление) — явление, когда в формировании признака у гетерозиготного организма участвуют обе аллели.

Конъюгация — это генетический процесс, который происходит у некоторых бактерий и протистов, позволяющий им обмениваться генетическим материалом между собой. В процессе конъюгации два организма образуют временную структуру, называемую пилусом, через которую происходит передача ДНК.

Моногибридное скрещивание — это скрещивание особей, которые отличаются друг от друга только одной парой альтернативных признаков.

Мутация — это изменение в генетической структуре организма, которое может влиять на его фенотип (внешние характеристики и функции).

Наследственность — это передача генетической информации от родителей к потомкам. Наследственность осуществляется через хромосомы, которые содержат гены — участки ДНК, кодирующие определенные белки и определяющие наши физические и биологические свойства.

Неполное доминирование — явление, когда доминантный ген не полностью подавляет работу рецессивного гена, в результате чего развивается промежуточный признак.

Перекрестная гибридизация — это процесс, при котором гомологичные хромосомы пересекаются друг с другом во время мейотического деления и обмениваются соответствующими аналогами.

Полигибридное скрещивание – это скрещивание особей, различающихся по нескольким парам альтернативных признаков и, соответственно, по нескольким парам аллельных генов.

Полное доминирование—явление, когда доминантный ген полностью подавляет работу рецессивного гена, в результате чего развивается доминантный признак.

Половые хромосомы — это пара хромосом, которая определяет пол организма.

Фенотип—совокупность внешних и внутренних признаков организма, приобретённых в результате онтогенеза (индивидуального развития).

Хроматин—это комплексная структура, состоящая из ДНК, белков и РНК, которая образует хромосомы.

Хромопласт — это тип пластиды органеллы, которая содержит пигменты и отвечает за синтез и накопление пигментов в клетках растений. Они играют важную роль в цветобразовании и поддержании цвета у растений.

Хромосома — это структурный элемент клеточного ядра, содержащая определенный набор генов.

Цитология – это наука, изучающая клетки, их структуру, функции и процессы внутри них.

Цитоплазма—обязательная часть клетки, заключенная между плазматической мембраной и ядром.

Чистая линия (селекции, гибриды, штаммы) — это гомозиготный набор генов по одному или нескольким аллелям; при самоопылении или перекрестном опылении растений происходит расщепление признаков.

Эмбриология — это наука, изучающая развитие эмбриона (начальной стадии развития организма после оплодотворения яйцеклетки).

Эукариоты — это организмы, которые имеют клетки с ядром, в котором содержится генетическая информация.

Ядро — это мембранный органоид, который содержит генетическую информацию клетки в виде ДНК.

Ядрышко — это небольшая структура, которая находится внутри ядра. Оно отвечает за синтез рибосом, маленьких органелл, которые играют ключевую роль в процессе синтеза белков.

Utaubayeva A.U.

GENETICS

(practicum)

Oral, 2023

INTRODUCTION

The Law on Education of the Republic of Kazakhstan and other documents related to education indicate the need for higher academic institutions to educate specialists with comprehensive knowledge, broad outlook, high culture, ability to think in a new way.

Genetics is one of the new exact sciences. Its main task is to study two basic properties of living nature - heredity and variability. The mastering of any theoretical courses is undoubtedly carried out through practical classes. Such classes allow to understand and memorize factual information and develop creative thinking. These learning guides created in the field of genetics allow to learn basic genetics problems such as: material basis of heredity, hybridologic method in the study of heredity and variability.

The mastering of any theoretical courses is undoubtedly carried out through practical classes. Such classes allow you to understand and remember factual information and develop creative thinking. Such textbooks that were created in the field of genetics allow you to master the main genetics problems, such as mastering the material foundations of heredity, using the hybridological method in the study of heredity and variability.

In their experiments (i.e. by solving problems), students should make sure that genetics is based on strict laws that allow them to anticipate any phenomenon and accurately calculate its quantitative patterns. They must learn to solve various types of genetics problems independently so that they can master the laws of genetics. It is also of great importance in the formation of students' thinking of independent research activity, entrepreneurship and dexterity. Genetics problems in genetics help to understand the most basic node of the theory, to understand its essence more deeply, to apply productively and use knowledge in practice creatively.

The practicum on genetics is aimed at achieving these goals.

This practicum includes genetics problems covering the main chapters of the course "Genetics", as well as their solution methods and answers. In this practicum, problem solving as a method of modeling complex genetic processes is widely used. For this purpose, the practicum has the most significant topics, the given genetics problems help to work out the methods of their solution.

This practicum is for Biology teachers, university students and undergraduates, secondary school students.

I. MONOHYBRID CROSS

The crossing of forms that differ from each other by one pair of alternative characteristics is called monohybrid crossing (Figure 1). Monohybrid crossing is the simplest type of crossing. In monohybrid crossing, only one allele pair of genes is analyzed. To successfully solve the problems of monohybrid crossing, it is also necessary to clearly know the rule of "purity of gametes", according to which only one gene from each pair enters each gamete, which determines the development of the trait.

To simplify the solution of genetic problems, you can use simple symbols from the initial letters of the Latin alphabet to designate genes. Genetics problems for such types as recurrent, analyzing and reciprocal crossing are solved when getting acquainted with this topic. It is possible to prove the first and second laws of Gregor Mendel, determine the action of genes, the genotype of parents and offspring, calculate phenotypic and genotypic classes, etc. when solving problems. Thus, students develop business qualities and skills.

A number of symbols are used during the writing of genetic problems:

P (parental) - parents

F (filia, filius) – generation, F index placed next to the symbol 1, 2, 3 indicates the serial number of the offspring, F₁ – first generation, F₂ - second generation, etc.

x - symbol crossing

♀ - female

♂ - male

G- gametes

A – dominant gene, **a** – recessive gene

It is necessary to know a number of rules when making genetic problems. First you should record what is given, the solution and the answer in the genetics problems. It is necessary to write in this order about the action of genes (which trait is dominant and which is recessive), as well as about parents and offspring. If the action of genes is not given, then the task begins with the recording of parents and offspring, and the question indicates that it is necessary to find the action of genes. First of all, it is necessary to write the task correctly. To determine the effect of genes in the process of solving the task, it is necessary to look at their offspring according to the first or second laws of G. Mendel.

Recessive and dominant traits and the number of offspring help to determine the genotypes of parents. If the recessive trait is manifested in the offspring, then the recessive gene is present in both parents, and if the recessive trait is not manifested in the offspring, then the recessive gene is absent in one of the parents. If the number of descendants is two, then the genotype of one of the parents was heterozygous, the other was homozygous, and if there were 4 offspring, then the genotypes of both parents were heterozygous, etc.

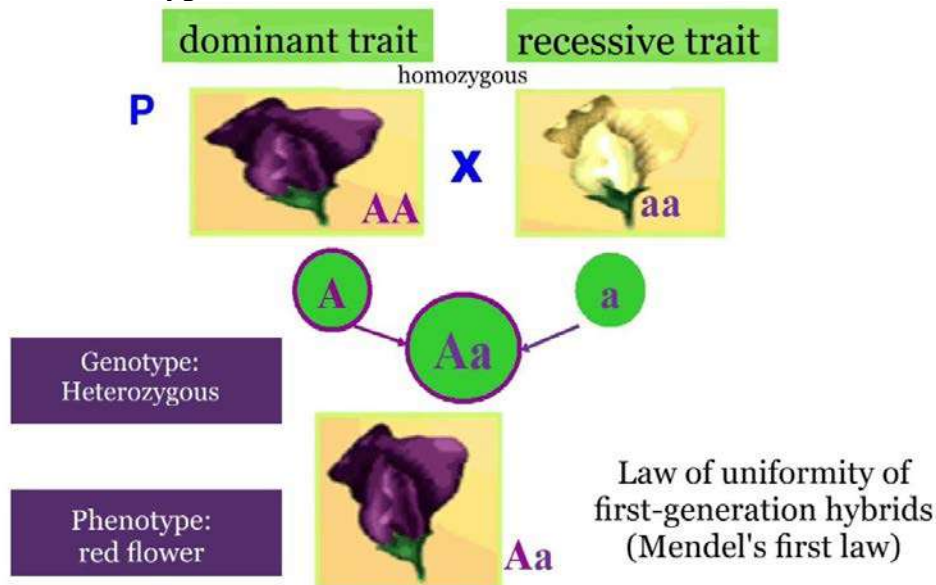


Figure 1. Monohybrid cross scheme

When conducting experimental work to study the nature of inheritance of a recessive trait, to determine the reliability of the results of splitting this trait into F₂, Table 1 is used as an example.

Table 1. The results of quantitative analysis of the study of *Drosophila*'s body color (monohybrid cross)

	Fly number		
	Grey	Black	Total
Maternal lineage.....	0	All	
Paternal lineage.....	All	0	
F_1	All	0	
F_2			
Actual splitting- student obtained data (p).....	78	18	96
Expected ratio.....	3	1	4
Theoretically expected splitting (q).....	72	24	96
Deviation (d).....	+6	-6	
d^2	36	36	
$x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,50 + 1,50 = 2,00;$ $n' = 1; P > 0,05$			
F_2			
Actual splitting- total data obtained by all group students (p).....	1199	385	1584
Expected ratio.....	3	1	4
Theoretically expected splitting(q).....	1188	396	1584
Deviation(d).....	+11	-11	
d^2	121	121	
$x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,10 + 0,31 = 0,41;$ $n' = 1; P \gg 0,05$			
F_b			
Student obtained data.....	66	58	124
Actual splitting- total data obtained by all group students(p).....	504	486	990
Expected ratio.....	1	1	2
Theoretically expected splitting (q).....	495	495	990
Deviation (d).....	+9	-9	
d^2	81	81	
$x^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,16 + 0,16 = 0,32;$ $n' = 1; P \gg 0,05$			

Statistical analysis of the results. The ratio of grey and black flies in the experiment in F_2 and F_b differs from the theoretically expected one 3:1 or 1:1. The question of whether this difference is random or splitting does not correspond to the theoretically expected one can be solved only with the help of statistical methods. The x^2 (chi-square) method is very simple and convenient. Application of this method is reduced to calculation of value x^2 and its estimation. The calculation is carried out according to the formula 1:

$$x^2 = \sum \frac{d^2}{q} \quad (1)$$

Where Σ - total number of individuals, q — expected number of individuals with a certain trait; d — deviation of actually obtained data from theoretically expected data for each class (p - q). During calculation, first a table of splitting classes is compiled based on experienced numerical data (p). Then,

from the sum of all class frequencies which constitutes the sample volume, the theoretically expected values (q) for each class are calculated according to the assumed splitting formula (3:1, 1:1 etc). Next, the deviation (d) of the obtained data from the theoretically expected values for each class is determined. Each deviation d is squared (d^2), divided by the theoretically expected number (q) for the given class. After all parts are summarized and the value is obtained according to the above mentioned formula. Value is estimated using the Fisher table (Table 2).

Table 2. Values table of χ^2 with various degrees of freedom (by Fisher, with contractions)

Degrees of freedom (n')	Probability P	
	0, 05	0, 01
1	3, 841	6, 635
2	5, 991	9, 210
3	7, 815	11, 341

The probabilities (P) 0.05 and 0.01 are labelled in the table. What do they mean? When examining the formula we can see that χ^2 is equal to zero if the experimental and theoretical data are in perfect correspondence. If χ^2 is not equal to zero, it is always assumed that the differences of the compared values are random (this hypothesis is called the null hypothesis) when applying this method. The probability indicated in the table is nothing else but the probability of this null hypothesis. The probability of 0.05 indicates that if the compared quantities differ randomly, then the χ^2 value which was indicated in the table may appear only in 5 samples out of 100 similar ones. In statistics it is accepted that events with probability of 0.05 and less almost do not occur. So, χ^2 value mentioned in the table with equivalent 0.05 indicates the differences between compared values cannot be considered by chance, i.e. the null hypothesis should be rejected. The probability of 0.01 presents the same thing, only the occurrence of the value indicated in the table is possible only once in 100, if the differences are random, i.e. even more rare. That is why the null hypothesis is rejected when the value is equal or greater than that indicated in the table, i.e. the differences between the compared values are considered to be not random, but regular. In other cases (when χ^2 is less than in the table), the null hypothesis is accepted, i.e. the differences are considered random. Finally, what is the number of degrees of freedom that determines the row in the table? The number of degrees of freedom is the number of independently calculated theoretically expected values. In the given example, two theoretically expected values (the number of grey flies and the number of black flies) have been calculated. However, if we calculate the number of grey flies, the number of black flies can be determined automatically, it depends on the sum and the number of grey flies. Therefore, the number of independently calculated values here is equal to one. This is the degree of freedom. In general, the number of degrees of freedom in a split analysis is always equal to the number of different classes of individuals minus 1. The χ^2 criterium gives reliable results if the sample size is more than 50 and the theoretically expected frequencies in the classes are at least 5. Perform statistical processing of the results of F2 split on your own data (independently) and on the total data obtained by all students of the group, based on the expected ratio of 3:1. Prove that the obtained splitting corresponds to the theoretically expected ratio. In the considered example there is 1 degree of freedom and $\chi^2 = 2.00$ and 0.41, which is less than the values $\chi^2 = 3.841$ and 6.635 indicated in the first line. This means that the differences between the values obtained in the experiment and the theoretically expected values are random. Verify that the split corresponds the expected 3:1 the more accurately the larger the number of flies analyzed. Summarized data obtained by all students in a group give a better match to the expected ratio ($P \gg 0.05$) than data from a single student ($P > 0.05$). Similarly, perform a statistical treatment of the split in F_2 on the summarized data obtained by all students in the group. Prove that it corresponds to the expected 1:1 ratio.

Genetics problems

1.* In Andalusian hens, the factor of black plumage "R" and white plumage "r" in the heterozygous state give blue coloring. What offspring will be produced by a blue Andalusian hen when crossed with individuals having the following plumage: black, blue, white.

2. In tomatoes, the gene that causes the red color of the fruit is dominant over the gene for yellow coloring. What color will be plant fruits obtained from crossing heterozygous red-fruited plants with yellow-fruited plants?

- 3.** The giant stature of an oat plant is a recessive trait, normal stature is a dominant trait. Which plants must be crossed to produce a uniformly tall offspring?
- 4.*** The grey body color of a *Drosophila* fly is dominant over black.
- a) In a series of experiments on crossing a grey fly with a black fly, 90 grey individuals and 88 black individuals were obtained. Determine the genotypes of the parental forms.
- b) When crossing grey flies in the offspring were 1281 individuals of grey color and 356 individuals of black color. Determine the genotypes of the parental forms.
- 5.** When crossing *Drosophila* flies with normal wings, 2967 offspring were obtained. Among them flies with normal wings were only 2225, the rest had bent wings. Determine the genotypes of the parental forms.
- 6.** In dogs, black coat color is dominant over brown. A black female was crossed several times with a brown male. A total of 10 black and 12 brown puppies were produced. Determine the genotypes of the parents and offspring.
- 7.*** In humans, the ability to possess predominantly by right hand dominates over the ability to use left hand. A right-handed man whose mother was left-handed married a right-handed woman who had three siblings, two of whom were left-handed. Determine the possible genotypes of the woman and the probability that the children born from this marriage will be left-handed.
- 8.*** A normal pea plant crossed with a dwarf pea plant. F_1 is normal. Determine what the offspring will be: from self-pollination of F_1 , from crossing of F_1 with the original normal plant, from crossing of F_1 with the original dwarf plant.
- 9.** In rabbits, a coat of normal length is dominant; a short coat is recessive. A rabbit with short hair gave birth to 5 rabbits - 3 short-haired and 2 normal-haired. Determine the genotype and phenotype of the father.
- 10.** In cattle, the comolality gene is dominant over the horniness gene. What will be the first generation (F_1) from a cross between a horny bull and homozygous comolous cows? What will be the first generation (F_2) from crossing such hybrids? What kind of calves can be produced by crossing an F_2 homozygous comolous bull with an F_1 hybrid cow and by crossing two F_2 horned individuals with each other?
- 11.** Red-fruited wild strawberry plants always give offspring with red berries when crossed with each other, while white-fruited strawberry plants always give offspring with white berries. When these varieties are crossed with each other pink berries are produced. What kind of offspring will result when hybrids with pink berries are crossed with each other? So how does the effect of genes occur? What offspring would be produced if pinkish forms were crossed? What would happen if red hybrids of fruit crossed with pink fruit, and pink fruit crossed with white fruit?
- 12.** There is a new bull in a herd of black-breed cattle. In the result 27 calves are received, 7 of them are red-mottled. Is only the bull "guilty" of this or the cows too? How to find out? What is the probability that any of the black heifers from the new bull will carry the undesirable red color gene?
- 13.** When a black rooster is crossed with a white hen, the chicks are mottled, and in the second generation there is a split: 1 black to two mottled and 1 white. What will be the offspring from crossing mottled individuals with black and white ones?
- 14.** Myoplegia (periodic paralysis) is inherited as a dominant trait. Determine the probability of having children with anomalies in a family where the father is heterozygous and the mother is not myoplegic.
- 15.** The gene for deaf-mute is recessive with respect to the gene for normal hearing. What offspring can be expected from such marriage if the genotypes of both parents are heterozygous? The marriage of a deaf-mute woman to a healthy man produced a deaf-mute child. Determine the genotypes of the two parents.
- 16.** The pediatric form of amaurotic familial idiocy (Tay-Sachs) is inherited as an autosomal recessive trait and is usually fatal by the age of 4-5 years. The first child in the family died of the analyzed disease at the time when the second child is to be born. Determine the probability that the second child will suffer from the same disease.
- 17.** Albinism (absence of pigment in the skin, retina, and hair) is inherited in humans as an autosomal recessive trait. In a family where one spouse is albino and the other is normal, fraternal twins are born, one is normal for the disease being analyzed and the other is albino. What is the probability of the next child being born an albino?

18. A man with polydactyly married a normal woman, they have 4 children, all with polydactyly. One of the sons married a normal woman. What is the probability that they will have children with the abnormality?

19. A guinea pig has a dominant curly coat over a smooth coat. Write the genotypes of all the animals in the following crosses:

- a) P ♀ with curly coat x P ♂ with smooth coat → F all offspring with curly coat;
 b) P ♀ with curly coat x P ♂ with smooth coat → F 1/2 offspring with curly coat, 1/2 with smooth coat;
 c) P ♀ with smooth coat x P ♂ with smooth coat → F offspring are always only smooth-haired.

20. Mice of bb genotype are grey. Bb are yellow, BB die at the embryonic stage. What will be the offspring of the following parents: yellow x grey; yellow x yellow? In which cross can we expect a more numerous litter?

21*. Heterozygous individuals retain some alleles that have lethal consequences for homozygous individuals. An example is the mutant allele (M^L) associated with taillessness in Manx cats. Cats homozygous for this allele ($M^L M^L$), usually die before birth due to serious spinal cord defects. In the case of incomplete dominance in cats heterozygous for the M^L allele and the normal unmotivated allele (M), the tail is short, stocky or absent altogether. Two $M^L M$ cats are mating. What is the probability that any of their surviving kittens will be heterozygous?

Tasks solutions

1.* First we write the given data. In this task, in addition to the influence of genes, three pairs of parents are given.

1. P ♀-blue, ♂-black;
2. P ♀-blue, ♂-blue;
3. P ♀-blue, ♂-white.

We need to determine the offspring resulting from crossing these three pairs. Now we will write down the solution methods and draw up the crossbreeding diagrams.

The mother is blue in phenotype and heterozygous in genotype, so she gives two types of gametes (R and r). The male of the first pair is genotypically homozygous for the dominant trait, so it gives gametes of the same type (R). This is reciprocal crossing. As a result of gamete fusion we get the offspring from reciprocal crossing. In phenotype we observed a split: 1 blue:1 black, in genotype: 1Aa:1AA. Reciprocal crossing at incomplete dominance in the offspring gives split on phenotype and genotype 1:1, and at complete dominance does not give split on phenotype, and on genotype - 1:1.

The female and male of the second pair are phenotypically blue, their genotypes are heterozygous, and they each give two different (R and r) gametes. If each parent gives two different gametes, we make a Punnett Square. Female gametes are written vertically and male gametes are written horizontally; the genotypes of the offspring are written inside the square. The analysis is performed on the F_2 filled square.

		F_2	
		♂ R	R
♀	R	RR black	Rr blue
	r	Rr blue	rr white

F_2 splits by phenotype: 1 black:2 blue:1 white, by genotype: 1RR:2Rr:1rr. Now let's solve the last question of the task. Let's write down the crossing scheme: P ♀-Rr x ♂-rr. We determine the types of gametes: the female genotype is heterozygous, and as a result gives two types of gametes - R and r, the male genotype is homozygous for the recessive trait, so it gives only one type of gametes - r. The fusion of gametes results in two individuals. This is an analyzing cross. When analyzing the offspring by phenotype: F_1 1 blue:1 white, by genotype: 1Rr:1rr. We design the task as follows:

Given:

R - black
 r - white
 Rr - blue

Solution:

1. P ♀ R r x ♂ RR
 G R r R
 F RR Rr

1. P ♀ Rr x ♂ RR
2. P ♀ Rr x ♂ Rr
3. P ♀ Rr x ♂ rr

Find:

F₁? F₂? F_b -?

- 1 black : 1 blue
 2. P ♀ Rr x ♂ Rr

	♂	R	r
♀	R	RR black	Rr blue
	r	Rr blue	rr white

F₂ 1 black: 2 blue: 1 white

3. P ♀ Rr x ♂ rr

G R r r

F_b Rr rr

1 blue : 1 white

Answer: 1. F₁ - 1 black: 1 blue

2. F₂ - 1 black: 2 blue : 1 white;

3. F_b 1 blue : 1 white

4.* First we write the action of genes (A - grey, a - black). Two different pairs of parents and their offspring are given: a) P ♀ grey, ♂ black, F 90 grey: 88 black; b) P ♀ grey, ♂ grey, F₂ 1291 gray; 356 black. The genotypes of both parent pairs must be determined.

We will now write down ways of solving and make crossbreeding diagrams. We cannot immediately record the genotype of the female of the first pair because, her phenotype will be grey even if her genotype is homozygous or heterozygous for the dominant trait. Therefore, we do not write down the full genotype of the female, but determine it in the solution to the problem. To do this, we first look for the recessive trait in the offspring.

The offspring has a recessive trait (90 aa), consequently the recessive gene was present in both parents. The male has the recessive gene, so let us write the recessive gene in the female, i.e. she is heterozygous (Aa) for the genotype. Since this is a test cross, the result will be on phenotype: 1 grey:1 black and genotype 1Aa:1aa. And if we reduce the numbers 90 and 88, we get a 1:1 split.

Now let's answer the second question. We make a crossing diagram.

P ♀ A- x ♂ A-. Parents genotypes are unknown. Therefore, we are looking for a recessive trait in the offspring (356 aa). Let's write the recessive gene to both parents whose genotypes turned out to be heterozygous (Aa). Let us create a Punnett square, obtain F₂ and analyze it.

F₂

♂	A	A
♀	A	Aa grey
	a	Aa grey
		aa black

Splits by phenotype: 3 grey:1 black, by genotype: 1AA:2Aa:1aa. And if you reduce the numbers 1291 and 356, you get a ratio of about 3:1. Also, the number of F₂ offspring helps determine the genotype of the parents. In order to give only 4 offspring, each parent must give 2 types of gametes, i.e. be heterozygous for the genotype. So, we can find the genotype of the parents in two ways. The calculation can be written as follows.

Given:

A – grey

a – black

a) P ♀ A - x ♂ aa

F₁ 90A: 88 aa

Solution:

P ♀ Aa x ♂ aa

F_b 90A-: 88 aa

G: A a a

F_b Aa aa

6) P♀A-♂A-
F₂ 1291 A- : 356 aa

Find:
P - ?

1 grey : 1 black
P♀Aa x ♂Aa
F₂ 1291 A- : 356 aa
3 grey : 1 black

Answer: a) P♀ Aa ♂aa
6) P♀ Aa ♂Aa

7*. First, let's analyze what the task supposes. Besides to gene action, there are three brothers and a woman's sister who creates a family and a man's mother. We write these people in brackets next to married man and woman. The man and the woman are right-handed. We need to determine the woman's genotype and the probability of having a left-handed.

On the solution line, write the crossbreeding scheme. We determine the woman's genotype by looking at her three siblings. Two of them are left-handed. This means that the siblings had a left-handed gene that belonged to their parents' genotypes that were in a latent state or one of their parents was left-handed. Assuming the first option, the woman's genotype could be AA or Aa.

In the second option, it would only be Aa. So we have two different solutions: the woman's genotype is likely to be Aa or AA. And since the man's mother is left-handed, his genotype will necessarily be heterozygous Aa, because the guy is right-handed. He inherited the dominant gene from his father and the recessive gene from his mother. Thus, we have determined the genotypes of a woman and a man by their close relatives and parents.

Given:

A –right-handed
P♂A- /P♀ aa/

Find:

P♀ - ? F% aa - ?

Solution:

1. P♀AA x P♂Aa

G A A a

F AA Aa

Right-handed Right-handed

2. P♀ Aa x ♂Aa

♂ ♀	A	a
A	AA Right-handed	Aa Right-handed
A	Aa Right-handed	aa left-handed

F₂ 3 right-handed : 1 left-handed

4 - 100%

1- x

x = 100 / 4 = 25%

Answer: I. P♀ AA
F1 100% right-handed
II. P♀Aa
F 25 % left-handed

8.* First we write what the task supposes. The action of genes is not given, so we write parents and offspring at once: 1. P♀ normal, ♂ dwarf; F₁- normal. 2. P♀ F₁ ♂ normal; 3. 2. P♀ F₁ ♂ dwarf. We need to obtain the offspring and F₂ that result from parents crossing.

First let's write the crossbreeding scheme in the solution. The parental forms are written in words. P♀ normal x ♂ dwarf, F₁ normal. Based on the rule above, we determine that normal height is a dominant trait and dwarfism is a recessive trait. Now let us write down this crossing scheme according to genotype, i.e. we will carry out reciprocal crossing. Let's design the task.

Given:

1. P♀ normal, ♂ dwarf

Solution:

1. P♀ normal x ♂ dwarf.

F₁ normal
 2. P ♀ normal, ♂ normal
 3. P ♀ normal, ♂ dwarf
 4. P ♀ F₁ ♂ F₁

Find:

A-?a-?F₁- ?F-?F₂-?

F₁ normal
 A – normal, a - dwarf
 P ♀ AA x ♂ aa
 G A a
 F₁ Aa normal

F₂ 3 normal : 1 dwarf

2. P ♀ Aa x ♂ AA

G A a A

F A A A a

Normal normal

3. P ♀ Aa x ♂ aa

G A a a

F_b Aa aa

1 normal : 1 dwarf

4. P ♀ Aa x P ♂ Aa

F₂ 3 normal : 1 dwarf

Answer:

1. A – normal, a – dwarf, F₁ – normal

2. F- normal

3. F_b- 1 normal. : 1 dwarf.

4. F₂ 3 normal: 1 dwarf.

21.* Let's formalize the problem as follows

Given:

M - normal

M^L - tailless

M^LM - the tail is short, stocky or absent

P ♀ M^LM ♂ M^LM

Find:

F% M^LM - ?

Solution:

P ♀ M^LM x ♂ M^LM

G M^L M , M^L M

F M^L M^L M^LM M^LM MM

the lethal tail is short, normal stocky or not

When calculating the probability, lethal individuals are not taken into account, thus 2/3 of short-tailed M^LM and 1/3 with a normal tail MM

Answer: F% M^LM: 2/3 или

Control questions

1. What are the basic rules applied when solving genetic genetics problems?
2. What types of crossing do you know? Give examples.
3. How to prove the first and second Mendel's laws?
4. What are the differences between full and incomplete dominance?
5. What is statistical processing used for in genetic

II. DIHYBRID AND POLYHYBRID CROSS

Dihybrid crossing is the crossing of organisms that differ in two pairs of alternative traits (Figure 2). The genes producing these traits are located on different chromosomes. *In polyhybrid crossing*, organisms differing in 3 or more traits are crossed. In polyhybrid crossing it is possible to prove three laws of G. Mendel, calculate the number of genotypic and phenotypic classes, etc. The problems of di- and polyhybrid crosses in some cases can be calculated without constructing Punnett square. If a monohybrid cross produces only 2 gametes, a dihybrid cross produces 4, etc. Hence, we can denote the analysis of alleles as 2^n .

If we remember that the number of phenotypic class in monohybrid crossing is -2 and the number of genotypic class is -3, then analyzing the generations formed in Punnett square, we can take the number of phenotypic class as 2^n and the number of genotypic class as 3^n . So, whichever of the polyhybrids we calculate, we can easily calculate their genotypic and phenotypic deviations (variations). Of course, the use of these methods is conditional, because we should also take into account the fact that such simple methods are not applicable when solving problems of backcrossing with complex mixed genotypes.

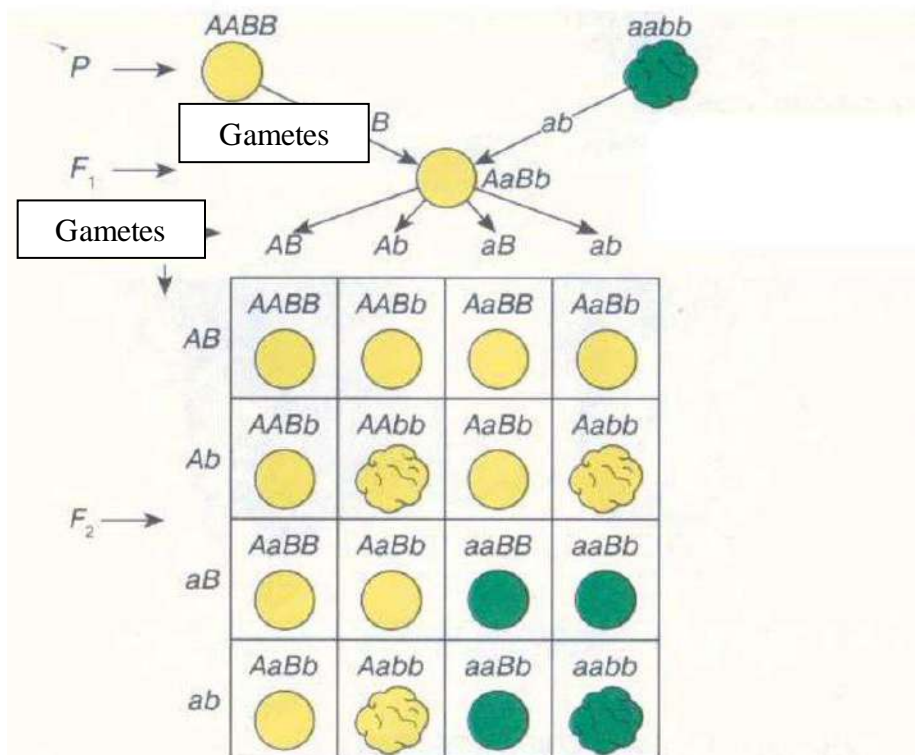


Figure 2. Dihybrid cross scheme and its analysis on Punnett square

Genetics problems

22.* A black polled bull, a representative of a pure line, is crossed with red horned cows. What will the hybrids be like? What will be the next generation produced from crossing these hybrids with each other, if it is known that comeliness dominates over horniness, and black coat color over red, and the genes of both traits are in different chromosomes?

23. If in hens the factor of a rose-shaped comb R is present simultaneously with the factor of a pea-shaped comb B, the comb has a nut-shaped form; if both recessive allelomorphs of these factors are present simultaneously in the homozygous state, a simple comb develops. An individual with a nut-shaped comb crossed with a simple one gives nut-shaped, rose-shaped, pea-shaped, and simple progeny in equal proportions. What other cross could produce a similar split in F₁?

24.* A watermelon fruit may have a green or striped rind and a long or round fruit shape. A homozygous plant with long green fruit is crossed with a homozygous plant with round striped fruit. In F₁, the fruits are round green. What will the F₂ be like? What will be the effect in F_b (testcross) on the

form with long striped fruits? What will be obtained in F_1 and F_2 by crossing varieties with round green and long green fruits?

25. A guinea pig curly hair determined by gene A, smooth hair by gene a; short coat by gene B, long hair by gene b; black hair color by gene C, white hair color by gene c. What will be F_1 and F_2 when crossing pigs that differ in alleles of all three genes? What would be the result of crossing an F_1 и F_2 hybrid with a smooth- and a long-haired white pig?

26.* A male guinea pig with long black curly hair is crossed with a female whose curly hair is short and white. Several litters of this pair have produced 17 curly short-haired and black-haired guinea pigs, 15 curly long-haired blacks, 6 smooth short-haired blacks, and 7 smooth long-haired blacks. What are the genotypes of the parents? What is the expected ratio of the different classes? Prove statistically whether the splitting corresponds to the expected ratio.

27. In the shaped pumpkin, white color of the fruit dominates over yellow color and the disc shape over the circular shape. A white disk-shaped plant crossed with a white circular plant gives:

- 3/8 white disc-shaped,
- 3/8 white circular,
- 1/8 yellow disc-shaped,
- 1/8 yellow circular.

Determine the parents genotypes.

28. A father with curly hair (dominant trait) and no freckles and a mother with straight hair and freckles (dominant trait) have three children. All the children have freckles and curly hair. Write parents' and children genotypes.

29. Phenylketonuria (inability to metabolize phenylalanine) and one of the rare forms of agammaglobulinemia of the Swiss type (usually leading to death before six months of age) are inherited as autosomal recessive traits. Advances in modern medicine are reversing the severe effects of phenylalanine metabolism disorders.

What is the probability of having healthy children in a family where both parents are heterozygous for both pairs of abnormal genes?

Determine the probability of giving birth to phenylketonuria patients and the hope of saving newborns in a family where both parents are heterozygous for both pairs of traits.

30. Adult glaucoma is inherited in several ways. One form is determined by a dominant autosomal gene and the other is determined by a recessive autosomal unlinked gene.

A) What is the probability of having a child with an abnormality if both parents are heterozygous for both pairs of abnormal genes?

B) What is the probability of having a child with an abnormality in a family where one parent is heterozygous for both pairs of abnormal genes and the other parent is normal with respect to vision and homozygous for both pairs of genes?

31. In chickens, white plumage is dominant over colored plumage, shin plumage over bare-footedness, and pea-shaped crest over leaf-shaped crest.

A homozygous white plumed legged and pea-shaped comb hen is crossed with a colored bare-footed with leaf-shaped comb rooster. What number of the white pea-footed white offspring of F_2 from this cross will not produce a split when crossed with a colored bare-footed, leaf-crested bird?

32.* The flower color of night beauty is inherited by intermediate type (red flowers are dominant over white, heterozygotes have pink flowers), and the tall stem is dominant over the dwarf stem. If a homozygous red tall plant is crossed with a white dwarf plant, how many of the second generation will be F_1 -like?

33. In humans, the gene for brown eyes is dominant over blue eyes, and the ability to be predominantly right-handed is dominant over left-handedness. Both pairs of genes are located on different chromosomes.

a) Determine the phenotype of a child whose father is heterozygous black-eyed left-handed and whose mother is blue-eyed and heterozygous right-handed.

b) One of the twin boys and girls born from the marriage of a blue-eyed left-handed girl and a black-eyed right-handed man is blue-eyed left-handed and the other is blue-eyed right-handed. Determine the genotypes of all the individuals in this family.

34. Polydactyly, myopia, and absence of small molars are transmitted as dominant autosomal traits.

a) What will be the phenotypes of children born from the marriage of heterozygous family members to these three couples?

b) A man with no molars is married to a myopic girl with six fingers. The boy's father is healthy in all three pairs and the mother has no lower molars, but her vision and fingers are normal. Although the girl's mother had six fingers and the father was myopic, both were healthy in the third pair of traits. What would be the phenotypes of the children from this marriage? Is it possible to have a healthy child with all three pairs of genes?

35. In the sweet pea, tall stature (D) dominates over dwarf stature (d), green coloring of beans (P) over yellow (p), and round seed shape (R) over wrinkled (r). Answer the questions:

(a) What will be the offspring of the following crosses (the genotypes of the parents are given)

$P_{\text{♀}}DDPp Rr \times P_{\text{♂}}dd Pp rr$

$P_{\text{♀}}DDPP Rr \times P_{\text{♂}}Dd Pp Rr$

$P_{\text{♀}}dd pp Rr \times P_{\text{♂}}Dd Pp rr$

$P_{\text{♀}}Dd Pp rr \times P_{\text{♂}}dd Pp Rr$

b) What will be the phenotype of F_1 hybrids from crossing a homozygous dwarf sweet pea with green wrinkled seeds with a homozygous tall yellow-grained coarse-grained pea? What gametes will be formed in the F_1 hybrid? What will be the split in F_2 and both F_3 ?

36. From a cross between two varieties of strawberries, one of which has runners and red berries and the other has white berries and no runners, F_1 plants have runners and pink berries. Is it possible to breed a variety with pink berries and no runners?

37. A backcross of the F_1 hybrid from Task 35 with a runnerless plant with white berries produced the following split: 12 plants with runners and pink berries, 15 plants with runners and white berries, 16 runnerless plants with white berries, and 14 runnerless plants with pink berries. What would you expect the relationship to F_2 to be? Prove statistically whether the resulting split corresponds to this relation.

38. A mother has a loose earlobe (dominant trait) and a smooth chin, while the father has a loose earlobe and a triangular dimple on his chin (dominant trait). The son has a loose earlobe and a triangular dimple on his chin, and the daughter has the same traits as the mother. Write the possible genotypes of the parents and children.

39. In tomatoes, the red color of the fruit is determined by the dominant gene R, yellow by r; normal plant growth by D, dwarf by d; and disk-shaped form by P spherical by p.

A tall red- and round-fruited tomato plant crossed with a dwarf yellow- and round-fruited tomato plant gave the following split in the offspring (Table 3) Explain given results.

Table 3

Plant height	Fruit color	Fruit shape	Number
Normal	yellow	circular	57
Normal	red	circular	60
Dwarf	yellow	circular	58
Dwarf	red	circular	61
Normal	yellow	Long	22
Normal	red	Long	19
Dwarf	yellow	Long	20
Dwarf	red	Long	21

40. What are the phenotypes of the first generation obtained by crossing tomatoes heterozygous for the three pairs of genes given in Task №38?

Write down the results of F_2 and F_3 , which were subsequently crossed with these generations.

41. In *Drosophila* flies, grey body color and normal wings are due to dominant basic traits. Two flies with normal wings and black color were crossed, and all the resulting offspring had black bodies, but 3/4 of them had normal wings and 1/4 had short wings. Determine the genotypes of the parents and the offspring.

42. Two different breeds of silkworm present generations that differ in the following characteristics: one produces worms with yellow cocoons and the other produces white striped worms. In the first generation, all silkworms were striped and had yellow cocoons. In the second generation, the following selections were obtained: 6,385 were striped worms weaving yellow cocoons, 2,147 were striped with white cocoons, 2,099 were unicolor yellow cocoons, and 691 were unicolor white cocoons. Determine the first and second generation genotypes with the primary forms.

Tasks solutions

22*. Write down what the task supposes. The gene actions are given. It is noted that the black polled male is purebred, that is, his genotype is homozygous for dominant traits. It is necessary to find F₁ generation as a result of crossing homozygous organisms and F₂ generation as a result of their mutual crossing. To solve the task, let us create a mating scheme and write down the reciprocal crossing: P ♂ AABB x ♀ aabb. The genotype of the male is homozygous for dominant traits, and for this reason gives a single-type gamete AB, and the genotype of the female is homozygous for recessive traits, which also gives a single-type gamete ab. The resulting F₁ phenotype AaBb is black hornless and its genotype is diheterozygous. Since diheterozygous individuals give 4 different types of gametes, the number of F₂ is 16, the splits by phenotype in F₂ are 9 black hornless: 3 black horned: 3 red hornless: 1 red horned. When creating a Punnett square and analyzing 16 generations within the square, we get 4 phenotypic and 9 genotypic class numbers. Now we design the task.

Given:

A – black
a - red
B - hornless
b - horned
P ♀ aabb ♂ AABB

Find:

F₁ - ? F₂ - ?

Solution:

P ♀ aabb x ♂ AABB
G ab AB
F₁ AaBb
Black hornless

P ♀ AaBb x ♂ AaBb
F₂

9 AB + black hornless
3 Ab ✓ black horned
3 aB ^ red hornless
1 ab red horned

Split by genotype:

1 AABB : 2 AABb : 1 AAbb : 2 AaBB : 4 AaBb : 2 Aabb : 1 aaBB : 2 aaBb : 1 aabb

Answer: F₁ –black hornless

F₂ 9 black hornless: 3 black horned: 3 red hornless: 1 red horned

24*. It is necessary to write the gene action first. But genes are not given, so we write about parents, offspring and the question. It should be taken into account that it is said about two pairs of parents. Let's start solving the problem: P ♀ green long x ♀ striped round, F₁ green round. According to Mendel's 1st law we find the gene action: A - green, a - striped, B - round, b - long. Now let us draw a crossing scheme based on genotype: P ♀ AA bb x ♂ aa BB. We identify the gametes of the parents. Because the female and male genotypes are homozygous for dominant and recessive traits, each gives one type of gamete, i.e. female gamete is Ab and male gamete is aB. F₁ by phenotype is green round, by genotype is diheterozygous Aa Bb. To get F₂, we cross the F₁ generation with each other. The female is diheterozygous by genotype, so she forms 4 types of gametes AB, Ab, aB, ab; the male is diheterozygous, he also forms 4 types of gametes.

We combine the gametes and get F₂. Analyzing the filled Punnett square, we get a split by phenotype: 9 green round: 3 green long: 3 striped round and 1 striped long. We then perform analytical crossing: P ♀ Aa Bb x ♂ aa bb. The female forms 4 different gametes, the male forms 1 type of gamete.

F_b - 1 green round: 1 green long: 1 striped round: 1 striped long, gives the number of 4 phenotypic classes.

Now let us write the scheme of the second pair of crosses. Since we need to obtain F₁, we perform reciprocal crossing: P ♀ AABB x ♂ AAbb. The resulting F₁ is phenotypically green round and genotypically monoheterozygous AABb.

We cross these individuals with each other and obtain F₂. P ♀ AABb x ♂ AABb. The female is monoheterozygous in genotype, hence gives 2 types of gametes, AB, Ab; and the male gives exactly the same gametes. We fill in the Punnett square and analyze the obtained F₂. According to phenotype - 3 green round: 1 green long; and according to genotype - 1AABB:2AABb:1AAbb, splitting is noticed, i.e. we got 2 according to phenotype and 3 number of class according to genotype. Thus, we have completely answered the questions of the task. Now we will write the solution.

Given:

- 1. P ♀ green long
- P ♂ striped round
- F₁ green round
- 2. P ♀ green round
- P ♂ green long

Find:

Gene impact? F₁, F₂, F_r - ?

Solution

1. P ♀ green long x ♂ striped round

F₁ green round

A - green

a - striped

B - round

b - long

P ♀ AaBb x ♂ AaBb

F₂

9 A-B – green round

3 A-bb green long

3 aaB – striped round

1 aabb striped long

P ♀ AaBb x ♂ aabb

B- round

b-long

P ♀ AAbb x ♂ aaBB

G Ab aB

F₁ AaBb green round

F₂

♂	Ab	
♀		
AB	AaBb	1 green round
Ab	Aabb	1 green long
aB	aaBb	1 striped round
ab	aabb	1 striped long

2. P ♀ AABB x ♂ AAbb

G AB Ab

F₁ AABb green round

P ♀-AABb x ♂ AABb

F₂

3 green round: 1 green long

1AABB : 2 AABb : 1 AAbb

Answer: 1. A - green

a -striped

B-round

b-long

F₁ green round

F₂ 9 greenround: 3 green long: 3 striped round: 1 striped long

F_r 1 green round : 1 green long: 1 striped round: 1 striped long

2. F₂ 3 green round : 1 green long

25*. Write down what the task supposes. After reading the problem carefully, we notice that the action of genes, F₁ is not given. When it is not clear how to solve the problem, we look one above. This problem is related to the previous one, i.e. we write down the gene action from problem 24. After that we need to write down the given data about parents: P ♀ A-B-cc, ♂ A-bb-C. We cannot write the full genotype of the parents at once, and, therefore, the dominant genes are written one by one. Now we write the offspring F 17 A-B-C-, 15 A-bb-C-, 6 aa B-C-, 7 aa bb C-. Determination of parental genotypes, class ratio and statistical expectation matching was required.

Let us write down the crossing scheme for solving the problem: P ♀-A-B-cc x ♂ A – bb C-. Based on the rules, we determine the genotype of the parents by looking at the offspring: F 17 A-B-C-, 15 A – bb C-, 6 aaB -C-, 7 aa bb C-. First, we look for recessive traits. According to the third pair of genes in the generation, there is no recessive white marker - cc. Therefore, the parental genotype is written as follows: P ♀AaBbcc ♂AabbCC. Now let us determine the parents gametes. The female is diheterozygous in genotype, so gives 4-type gametes, and the male is monoheterozygous, gives 2-type gametes.

We fill in the Punnett square and analyze the offspring. In the Punnett's square by phenotype of split: 3 curly short black: 3 curly long black: 1 smooth short black: 1 smooth long black. So, the number of phenotypic classes turned out to be 4, the split is 3:3:1:1. And if each number in the 17:15:6:7 split is reduced by about 6, we get a ratio of 3:3:1:1. That is, the split from a statistical point of view matched the expected result. This shows that we have correctly determined the genotype of the parents. Now let's write the task as follows.

Given:

A – curly
a – smooth
B - short
b – long
C- black
c –white
P ♀ A - B - cc, ♂ A - bbC-
F 17 A-B-C-, 15A-bbC-,
6aaB-C-, 7 aabbC-

Find:

P ♀ ♂? Class ratio?
Statistical expectation?

Solution:

P ♀ AaBb cc x ♂ AaBBCC
F 17 A-B-C-, 15A-bbC-, 6 aaB-C-, 7 aabbC-

F₂

3A-B-C-✓ curly short black,
3 A-bbC - + curly long black
1 aaB-C- smooth short black
1 aabbC – smooth long black

- Answer:** 1) P ♀ Aa Bb Cc ♂ AaabbCC
2) Phenotypes 3:3:1:1
3) statistical split corresponds expected value

32* We write the gene action: A - tall, a - low, B - red, b - white, Bb - pink. Parental forms are given by: P ♀ AaBB ♂ aabb.

The female genotype is dominant, the male genotype is homozygous for recessive traits, so the female gives one type of gamete AB, and the male also gives one type of gamete ab. At fusion of gametes F₁ is formed, we analyze. According to phenotype F₁ is tall, pink, according to genotype it is diheterozygous. We cross the resulting first offspring between each other and fill in the Punnett square to get F₂. When we analyzed the individuals within the Punnett square, the phenotype was as follows - 3 tall red, 6 tall pink: 3 tall white: 1 low red: 2 low pink: 1 low white split. Of the 16 individuals from F₂, six were the same as in F₁, i.e. tall pink ($\frac{6}{16}$).

Now let us proceed to write the solution to the problem.

Given:

A - tall
a - short
B - red
b – white
Bb - pink
P ♀ AaBB ♂ aabb

Find:

F₁-? F₂-?

Solution:

P ♀ AaBB × ♂ aabb
G AB ab
F₁Aa Bb tall, pink
P ♀ Aa Bb × ♂ Aa Bb
F₂ 3 A - BB + tall red
3 A - bb ✓ tall white
6 A - Bb tall, pink
1 aa BB short red
2 aa Bb short pink
1 aa bb short white

- Answer:**
F₁ - tall, pink
F₂ 6 tall pink individual

Control questions:

1. How does inheritance occur during dihybrid crossing?
2. How many Mendel's laws can be proved in dihybrid and polyhybrid crosses? Define each law.
3. How to prove the law of independent inheritance of pairs of signs?
4. What splits by phenotype and genotype gives incomplete dominance in F₂ dihybrid crossing?
5. Prove Mendel's third law.

III. GENE INTERACTION INHERITANCE

A gene as a unit of heredity that determines the characteristics of an organism has certain functional properties. It is clear from the above that the gene is discrete in its action; it determines the presence or absence of a separate biochemical reaction, on which the development or suppression of a certain trait of the organism depends. Obviously, if several genes determine any one property (the color of a person's eyes, the length of a wheat ear, etc.), they must interact with each other.

Non-allelic genes are genes located in different parts of chromosomes and encoding different proteins. Non-allelic genes can also interact with each other. At the same time, either one gene causes the development of several traits, or, conversely, one trait manifests itself under the influence of a combination of several genes.

The manifestation of one trait can be determined by two or more pairs of genes (complementarity and polymer inheritance) and, conversely, one pair of genes can influence the manifestation of several traits (multiple action of genes). In addition, some genes can suppress the action of others (epistasis). All these phenomena have received the general name of gene interaction.

When two pairs of genes interact, the probability of the appearance of organisms of each phenotype is determined by different combinations of two pairs of genes involved in the development of the trait. Just as in the case of dihybrid crossing, these combinations can be evaluated using a Pnett square. In most cases, different ratios of phenotypes when crossing digeterozygotes are formed from a ratio of 9:3:3:1 by adding individual elements, for example, splitting 9:7 with complementary inheritance can be represented as 9:(3+3+1).

When solving genetics problems of this type, you should pay attention to how many classes of phenotypes and in what quantitative ratio are formed when crossing individuals with different genotypes.

Solving genetics problems for the interaction of non-allelic genes requires knowledge of certain rules for solving genetic problems, which consists mainly of three stages. First you need to determine how many pairs of genes are responsible for the development of alternative pairs of traits. To do this, you need to look at F_2 and, based on the splitting, determine the type of crossing (mono- or di hybrid), then the type of gene interaction and only at the end determine the action of the genes.

The properties of any organism (the color of the coat of rabbits, the length of the ears of oats, etc.) are determined by many genes. In this case, alleles of different genes interact with each other. As a result, splits with several different ratios are observed in the progeny of the digeterozygote (G_2) (for example: 9 : 3 : 4; 9 : 7; 13 : 3; 15 : 1 etc.). Genetic analysis shows that these unusual phenotype splits in F_2 represent a modification of the general formula 9 : 3 : 3 : 1.

There are four types of gene interaction: complementarity, epistasis, polymerization and the modifying effect of genes. With a complementary type of gene interaction, the splitting of traits in F_2 is - 9 : 3 : 3 : 1; 9 : 6 : 1; 9 : 3 : 4; 9 : 7; with dominant epistasis - 13 : 3; 12 : 3 : 1; with recessive epistasis - 9 : 3 : 4; 9 : 7; with cumulative and non-cumulative polymerization - 15 : 1.

Complementary gene interaction

Complementary gene is not noticed by itself, but if it occurs in genotype with others (A-B-), it affects to the development of a new feature, compared to the action of each gene separately (A-bb or aaB-). With the complementary type of gene interaction, the following main types of the ratio are distinguished: - 9:3:3:1; 9:6:1; 9:3:4; 9:7 (fig. 3). The development of a trait can be determined not by one, but by two or more pairs of non-allelic genes located on different chromosomes. If at least one pair is in a homozygous recessive state, then the trait does not develop or is different from the dominant one.

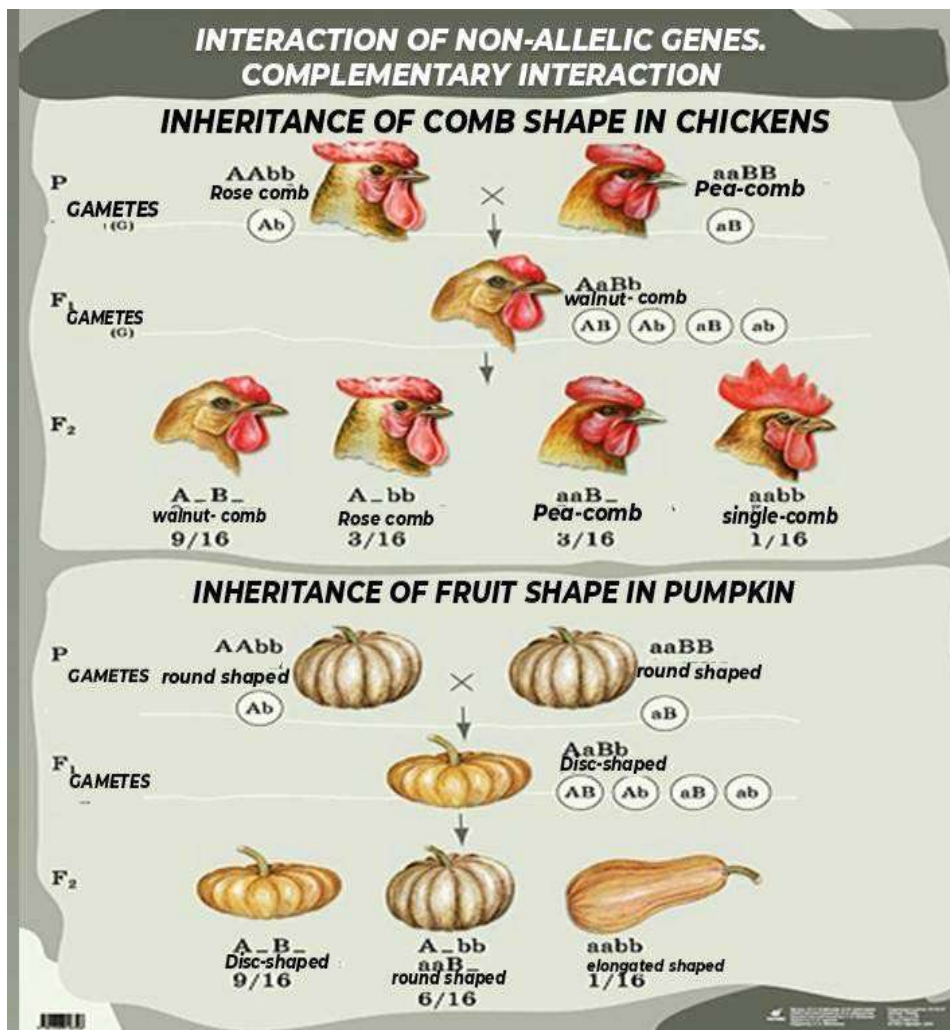


Figure 3. Complementary gene interaction

From a biochemical point of view, this can often be due to the fact that the development of traits is usually a multi-stage process, each stage of which is controlled by a separate enzyme (information about the enzyme is located in a specific gene). If at least one gene is in a recessive state, then an altered enzyme is synthesized, the reaction does not proceed, and the final product is not formed:

Gene	A	B	C	D
Enzyme	E1	E2	E3	E4
	↓	↓	↓	↓
Reactions	S1	→ S2	→ S3	→ S4 → P (feature)

Splitting when crossing digeterozygotes with complementary inheritance usually occurs in the proportion 9:7, 9:3:4, or 9:3:3:1, 9:6:1 (part of individuals with the minimum expression of the trait 7/16, 4/16 and 1/16).

Genetics problems

43.* A green-grained variety of rye crossed with a white-grained variety of rye produces green seeds in F₁, and in F₂ a split in color: 89 seeds are green, 28 are yellow, and 39 are white. How is seed color inherited? What will result if F₁ hybrids are crossed with homozygous yellow-grained and white-grained plants?

44. When white guinea pigs are crossed with black guinea pigs, the offspring are grey, and in F₂ 3 black and 4 white out of grey 9. Is it possible to get exactly the same F₁ and F₂ from parents with a

different fur color? What would be their genotypes and phenotypes?

45.* A cross between two black Cockerspaniel breeds produced four puppies of different skin color: 9 black, 3 brown, 3 brown, 1 light yellow. When a black cockerspaniel was crossed with a light yellow cockerspaniel, a light yellow puppy was born. If this black cockerspaniel is crossed with a dog of exactly the same genotype, what offspring split can be expected?

46. The shape of a pumpkin fruit can be round, disk-shaped, and long. The presence of these shapes is determined by two pairs of non-allelic genes that are not linked to each other.

a) When two plants with round fruits were crossed, only round fruits appeared in the offspring. When reciprocal crossing of plants with disk-shaped fruits in the offspring produced hybrids with 3 types of shape. Among them: 9 - disc-shaped, 6 - round, 1 - elongated.

Determine the parents genotypes, first and second generation hybrids.

b) When plants with disc-shaped and long fruits were crossed, the offspring produced plants with 1 disc-shaped, 2 round and 1 elongated fruit.

Identify the plants genotypes and their offspring.

47.* In humans, congenital deafness is determined by genes a and b. Both dominant alleles (AB) are required in the genotype for normal hearing. Determine the genotypes of the parents in two different families:

a) both parents are deaf and their 5 children have normal hearing;

b) deaf parents have 3 deaf children.

48. The color of a sweet pea can be either white or red. When two white-flowered varieties of plants were crossed, the offspring produced only those with red flowers. When these two red-flowered plants were crossed with each other, the offspring produced 9 red-flowered and 7 white-flowered plants. Determine the parents genotypes, first and second generation and characterize the gene interactions.

Tasks solutions

43*. Write the given data. The action of genes is not given, so we start with the parents. We write the first and second generations and show the quantitative splitting of generations in F_2 . Let's write the second pair of parents that will interbreed. We need to find the type of interaction between genes, offspring, and gene action. When summarizing the results, we will proceed from the rule above. We need to know how many pairs of genes are responsible for the development of traits. To do this, we look at F_2 , reduce the numbers 89:28:39 to about a certain number (9) and bring it to 9:3:4. Thus, it turns out that two pairs of genes belong to hybridization (this shows that the number of F_2 is 16), i.e. it is a dihybrid crossing.

Let us analyze the resulting F_2 generation filled in Punnett square. The result is 9 green : 3 yellow : 4 white. This is a complementary type of gene interaction. It turns out that dominant genes A and B give green color when they are in the same genotype, if they are separated, then there are yellow and white colors.

Now we draw up crossing schemes for F_1 hybrids with Aa Bb, yellow aa BB and white aa BB: 1. $P \text{♀} Aa Bb \times \text{♂} aa BB$, 2. $P \text{♀} AaBb \times \text{♂} aabb$. Write the parental gametes. 1. The mother is diheterozygous for the genotype, hence gives 4 types of gametes, the male is homozygous for recessive and dominant traits and hence gives 1 type of gamete. When filling in the Punnett square, there is a split in phenotype in the ratio: 2 green : 2 yellow. In the second case (analyzing cross), the split F_2 1 green : 2 white : 1 yellow was observed.

Given:

$F \text{♀}$ green ♂ white

F_1 green

F_2 89 green : 28 yellow : 39 white

2. $P \text{♀} F_1 \text{♂}$ yellow

$P \text{♀} F_1 \text{♂}$ white

Find:

Gene action? F - ?

Solution:

1. $F \text{♀}$ green ♂ white

F_1 green

F_2 89 green : 28 yellow : 39 white

9 : 3 : 4

A- green a-yellow

B- coloured b- uncoloured

$P \text{♀} AaBb \times \text{♂} aabb$

G AB ab

$F_1 AaBb$ (green)

	P♀AaBb x ♂AaBb
	P♀AaBb x ♂AaBb
	F₂
	9 A-B - ✓ green:3 A - bb + white
	3 aaB ^- yellow: 1 aa bb – white
	2. P♀Aa Bb x ♂aa BB
	3. P♀Aa Bb x ♂aa bb
	F ₂ green : 2 yellow
	F _b 1 green : 2 white: 1 yellow

Answer: I. Two pairs of complementary genes interacting are responsible for the color presence:

A – green

a – yellow

B - coloured

b – uncoloured

F₂ 9 green:3white: 3 yellow:1 white

II. F - 2 green : 2 yellow

III. F_b 1 green : 2 white: 1 yellow

45* We write the conditions of the problem. The action of genes is not given, so we write about parents and offspring. Both parents are black by phenotype. After recording the phenotypes of the offspring, it is necessary to record the second and third crossing parent pairs and their offspring. It is necessary to determine the type of interaction of genes, the action of genes and offspring.

Let's move on to solving the problem. We create a scheme for crossing two individuals of black color. In the offspring, there was a splitting according to the phenotype-9 black, 3 red, 3 brown and 1 reddish-yellow. This is the second generation from the dihybrid crossing, this proves the 16 received number of individuals. So, 2 pairs of genes are responsible for the appearance of signs. F₂ cleavage 9:3:3:1 is characteristic of the complementary type of gene interaction. Now we need to record the action of the genes: A- reddish, a-pale yellow, B - brown, b - pale yellow. If the dominant genes A and B are in a separate genotype, then they show their colors, and if in the same genotype, then black appears. Now the parental individuals must be digeterozygous by genotype in the crossing scheme, since it is known that the number of descendants is 16 individuals. And to get 16 offspring, each parent must give 4 types of gametes. Let's construct a Pennet square and analyze the resulting F₂.

Now let's write a scheme for crossing the second pair. Only one pale yellow puppy was born from this crossing, which means that its genotype should be aabb. If we accept the female genotype as homozygous, then according to the rule of dominance, only black puppies will be born. Most likely, it should be an analyzing crossing and only in this case a bright yellow puppy is born. The genotype of the male (aabb) is known, and the female is an F₁ hybrid. Then the crossing scheme will be written as follows. P♀ AaBb x ♂ aabb. The female is digeterozygous by genotype and therefore gives 4 types of gametes, the male is homozygous by recessive traits and, therefore, gives 1 type of gametes. In the Pennet square, splitting by phenotype turned out to be 1 black: 1 reddish: 1 brown: 1 light yellow offspring.

The colors of the third crossing pair were black. Since this is a hybrid of the first generation, its genotype is digeterozygous, and the result of crossing will be the same as in the original first pair. That is, 9 black: 3 red: 3 brown: 1 pale yellow.. Therefore, we expect this kind of splitting from this crossing. In this case, we immediately record the splitting by phenotype without creating the Pennet lattice again. So, we have answered the questions of the task, now we turn to the design of the tasks.

Given:

P♀ black x ♂ black

F₂ 9 black, 3 reddish,

3 brown, 1 light

yellow

P♀ black ♂ light

yellow

F light yellow

P♀ black ♂ black

Solution:

1. P♀ black x ♂ black

F₂ 9 black:3 reddish:3 brown:1 light yellow (complementary)

A – reddish a – light yellow

B – brown b – light yellow

P♀ Aa Bb x ♂ Aa Bb

F₂ ✓ 9 A-B - black

+ 3 A-BB - reddish

Find:	\wedge^3 aa B - brown
The influence and interaction of genes?	1 aa BB - light yellow
F-?	P ♀ AaBB x ♂ aaBB
	F _b 1black:1reddish:1brown:1light-yellow
	3.P ♀ AaBB x ♂ AaBB
	F ₂ 9 A-B- : 3A- BB : 3 aaB - : 1 aabb
	black reddish brown light-yellow

Answer: Two pairs of genes interacting in a complementary type are responsible for the manifestation of the trait.

A - red, a – light yellow

B - brown, b – light yellow

F₂ 9 black : 3 reddish : 3 brown : 1 light yellow

F_b 1 black : 1 reddish : 1 brown : 1 light yellow

F₂ 9 black : 3 reddish : 3 brown : 1 light yellow

47. First, we write the gene actions: A-healthy, a-deafness; B-healthy, b-deafness. Both parents in two different families are deaf. Both parents in the first pair are deaf, so their genotypes are A-bb- and aaB-. All 5 children are hearing, i.e. genotypes A-B -. In the second couple 3 children are deaf A-bb, aaB-.

It is necessary to determine the parents genotypes. Let's write down the problem as follows. For this purpose we follow the rules stated above.

Given:

A - healthy

a - deafness

B - healthy

b - deafness

1. P ♀ A-bb ♂ aaB-

F₅ A-B -

2. P ♀ A - bb ♂ aa B-

F₃ A - BB, aa B-

Solution:

1. P ♀ AA bb x ♂ aaBB

F₅ Aa Bb

2. P ♀ Aabb x ♂ aaBb

F₃ Aabb, aaBb

Find:

P - ?

Answer: 1. P ♀ AA bb ♂ aaBB, 2. P ♀ Aabb ♂ aaBb

Epistasis

When dominant, the action of one allele is suppressed by another allele of the same gene: A > a, B > b, etc. But there is an interaction in which one gene suppresses the action of another, for example A > B or B > A, a > B or b > A, etc. This phenomenon is called epistasis. Genes that suppress the action of other genes are called suppressors or inhibitors. They can be both dominant and recessive. Suppressor genes are known in animals, plants and microorganisms. Usually they are designated as **I** or **S**.

They are Epistasis is usually divided into two types: dominant and recessive. Dominant epistasis is understood as the suppression by one dominant gene of the action of another gene. In dominant epistasis, two types of split are distinguished: 12:3:1 and 13:3 (Fig.4,5).

Epistasis, or the opposite effect of genes, is a phenomenon in which a gene of one allelic pair (suppressor) in the dominant state can suppress the development of a trait controlled by another pair of genes.

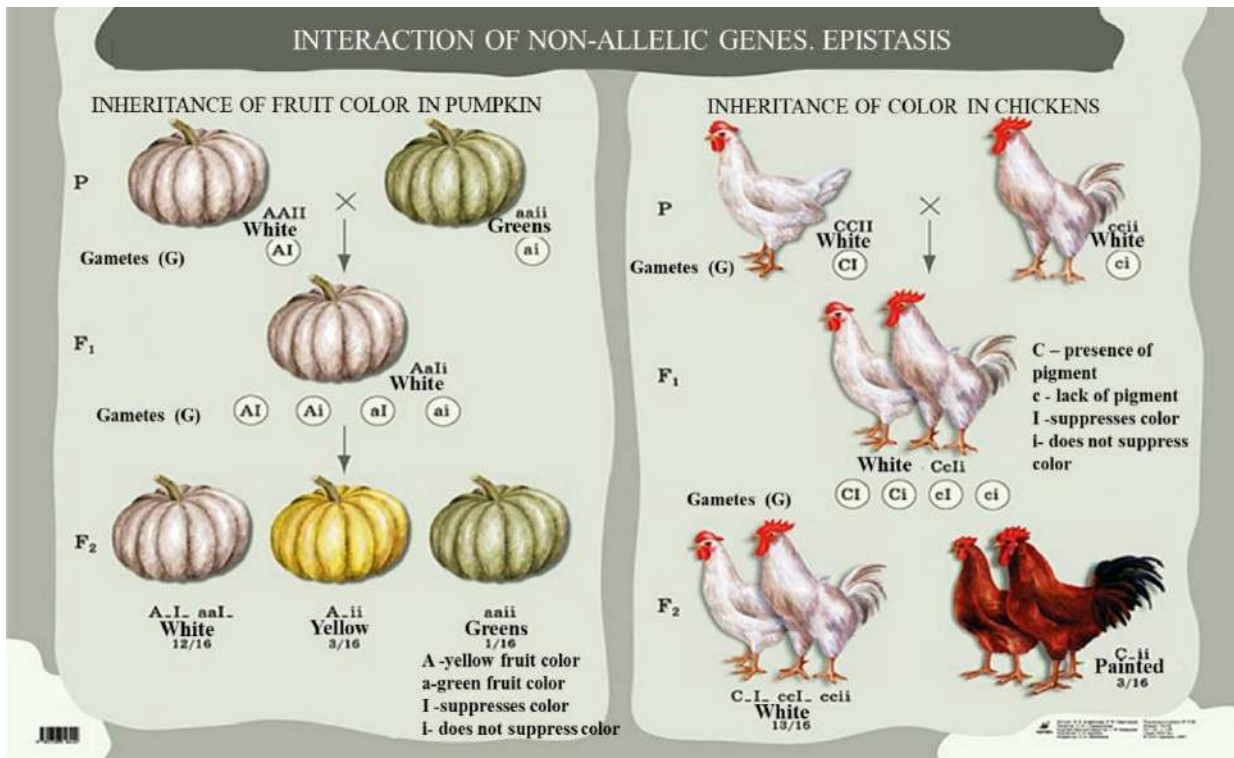


Figure 4. Splitting in dominant epistasis (12:3:1; 13:3)

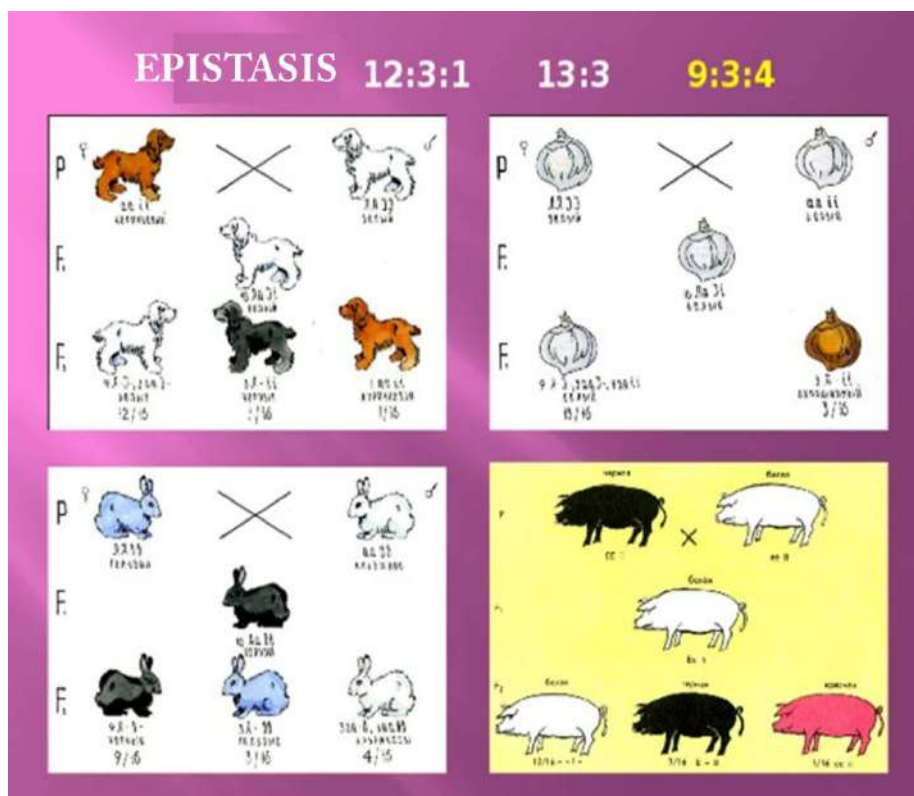


Figure 5. Splitting in dominant (12:3:1; 13:3) and recessive epistasis (9:3:4;)

In single recessive epistasis, the recessive allele of one gene, being in a homozygous state, does not allow the dominant or recessive allele of another gene to manifest: **bb** > **A** or **bb** > **aa**. Splitting 9:3:4 (Fig.8).

In addition to the described cases of single recessive epistasis, there are also cases when the recessive allele of each gene in the homozygous state simultaneously reciprocally suppresses the action

of the dominant allele of the complementary gene, i.e. aa epistates over B -, bb over A ($aa > B$ and $bb > A$). This interaction of two recessive suppressors is called double recessive epistasis. In a dihybrid crossing, the splitting by phenotype is **9:7**, as in the case of complementary gene interaction.

Consequently, the same splitting can be interpreted as the result of both complementary interaction and epistasis. One genetic analysis of inheritance in the interaction of genes without knowledge of the biochemistry and physiology of the development of a trait in ontogenesis cannot reveal the nature of this interaction. But without genetic analysis, it is impossible to understand the mechanism of hereditary determination of the development of these traits.

Genetics problems

49.* *Drosophila* vision is determined by the influence of two pairs of genes. The dominant allele of the Lobe gene, located on chromosome II, causes reduction of eye facets, while the recessive allele ensures normal development. The dominant allele of the Eyles gene, located on chromosome IV, is responsible for the development of normal facets, while recessives cause reduction. Two different lines of blind flies are crossed. Identify F_1 and F_2 .

50. In oats, the grains color is determined by two pairs of unlinked genes. One dominant gene causes black color, the other causes grey colour. Both recessive alleles cause white coloration. A) When black-grained oats were crossed with each other, in the offspring there is a split into 12 black-grained, 3 gray-grained, and 1 white-grained. Determine the genotypes of the crossed individuals and their offspring. B) A cross between white-grained oats and black-grained oats produced half of the plants with black grains and half with grey grains. Determine the genotypes of the crossed individuals.

51. The white plumage of chickens is determined by two pairs of unlinked non-allelic genes. In one pair, the dominant gene determines coloured plumage, while the recessive gene determines white plumage. In the other pair, the dominant gene suppresses colour and the recessive gene does not suppress colour. A cross between white chickens produced an offspring of 1570 chickens. Of these, 198 chickens turned out to be white. Determine the parents genotypes and coloured chickens.

52.* When a black rabbit with normal fur was crossed with a white short-haired rabbit in the first generation, all the rabbits had black normal fur, and in second generation there was a split: 29 black normal-haired, 10 blue normal-haired, 12 white normal-haired, 9 black short-haired, 4 blue short-haired, 5 white short-haired. Determine the type of color inheritance and coat length, write a crossing scheme.

53. The mice coloration is determined by two pairs of unlinked genes. The dominant gene of one pair causes grey color, its recessive allele causes white color. The dominant gene of the other pair promotes coloration, its recessive allele suppresses coloration.

When grey mice are crossed with each other, an offspring of 57 grey, 18 black mice is obtained. Determine the genotypes of the offspring.

54. Two varieties of wild strawberries are crossed - a runnerless strawberry with red berries and a runnerless strawberry with white berries. In split F_2 : 231 runnerless red; 99 runnerless white, 329 red with runners, 101 white with runners. Determine the genotypes of the original varieties, the character of inheritance of runners and fruit coloration.

55. When two white-grained varieties of maize plants were crossed, the hybrids of the first generation were also white-grained, and in the second generation 137 white-grained and 38 plants with purple grains were obtained. Determine the type of inheritance and genotypes of the indicated individuals. What will be the offspring in the analyzing cross?

56. When crossing two specimens of the plant primrose evening with terry red and terry white flowers, the first generation gave simple red flowers. In F_2 splits were obtained: 69 - terry white, 274 - simple red, 85 - simple white, 212-terry red.

How are flower color and shape inherited?

57. 2 varieties of flax are crossed, one of which has a pink color of flowers and normal petals, and the other has a white color of flowers and normal petals. In the first generation, all plants have pink flowers, normal petals. In the second generation, splitting was obtained: 41 plants with pink flowers and normal petals, 7 plants with pink flowers and corrugated petals, 5 plants with white flowers and corrugated petals, 13 plants with white flowers and normal petals. Determine the type of inheritance of the color of the flower and the type of petals.

Tasks solutions

49. Let's write down what the task supposes. On chromosome II, we indicate that the Lobe gene produces a reduction of the II Lobe facets, the recessive allele +Lobe is normal development of the eye, IY + Eyles is normal eye, - Eyles produces a reduction. Next, we write parents: P♀ blind ♂ blind. We have to find the first and second generation. Solving the problem. First, let's build a crossing scheme:

$P_{♀} LL^{II} + +^{IV} \times \overset{\circ}{P} + +^{II} ee^{IV}$. Each of the parents, being homozygous for genotypes, gives a 1 type of gamete: female L+, male +e. When merging gametes, we get F₁: F₁ L + +e, by phenotype is blind, genotype is digeterozygous. We cross the first generations together and get F₂. The parent, each of which is digeterozygous by genotype, gives 4 types of gametes. To do this, create a Pnett square. When analyzing F₂ individuals inside the grid, 13 blind: 3 turned out to have normal vision. This is a dominant epistasis. Here, the L is dominant gene, producing blindness of the eye. It suppresses the action of +E, which producing a normal eye, blocking its expression. As a result, 13 flies are born blind. And 3 genotypes of flies with normal vision + + + +, + + + e, + + e +, i.e. they do not have the L gene that causes blindness. Thus, two pairs of genes interact with each other in a type of dominant epistasis to cause blindness of the eyes. Let's design the task.

Given:

II Lobe- facet reduction
+ Lobe- normal eye
IY + Eyles- normal eye
Eyeless- facet reduction
II IY II IY
P♀ LL++ ♂ ++ee

Solution:

$P_{♀} LL^{II} + +^{IV} \times \overset{\circ}{P} + +^{II} ee^{IV}$
blind blind
G L+ +e
F₁ L +II + eIV blind
 $P_{♀} L + + e \times \overset{\circ}{P} L + + e$
F₂ 13 reducing: 3 normal

Find:

Gene interaction?
F₁, F₂-?

Answer: F₁ – blind, F₂ 13 reducing: 3 normal eye

52. Let's write down what the task supposes. The action of genes is not given, so we write the parents: P♀ black, normal-haired, P♂ white, shorthair. Now let's write about the generations. F₁ black normal-haired; F₂ 29 black normal-haired, 10 blue normal-haired, 12 white normal-haired, 9 black short-haired, 4 blue shorthaired and 5 white shorthaired. It is necessary to determine the action of genes, the type of gene interaction and the parental genotype. Now we solve the task. Having built a crossing scheme, we adhere to the above rule.

We calculate each pair of alternative features separately. That is 38 black, 12 blue, 19 white. Let's reduce this by about 4 and put it in a certain order – 9 black: 3 blue: 4 white. Now let's move on to the shape of the coat: normal - 51, short - 18. Reducing these numbers to 18, we get a ratio of 3:1. So, it turns out that 2 pairs of genes are responsible for obtaining the sign of the first pair (i.e. color), 1 pair of genes are responsible for the second. By splitting 9:3:4, the task is solved by single recessive epistasis (bb > A, bb > aa), since the primary parent did not have a blue color, which is visible in the second generation. Since three pairs of genes belong to the crossing, this is a tri-hybrid crossing. Let's write down the actions of the genes: A - black, a - blue, B - stains, b – suppresses staining, D - normal, d - short. Next, we write the parents by genotype: P♀ AABBDd x ♂ aabbdd. F₁ AaBbDd-black normal-haired. In F₂ the following splitting came out: 36 black: 12 blue: 16 white; and 48 normal: 16 short. We will get a 3:1 split by reducing the first gap ratio by 4 to 9:3:4, and the second by 12. That is, we got a result that corresponds to what was given in the text of this task. This shows that we have correctly identified the actions of the genes, the type of interaction and the parental genotype. Now we turn to the design of the task:

Given:

P♀ black, normal
P♂ white, short
F₁ black, normal
F₂ 29 black, normal
10 blue, normal

Solution:

P♀ black, normal x ♂ white, short
F₂ 38 black: 12 blue: 19 white
P ♀ Aa BbDd x ♂ Aa Bb Dd
F₂

12 white, normal
 9 black, short
 4 blue, short
 5 white, short

Find:
 gene actions, type of gene interaction?
 P♀ ♂ - ?

9: 3 : 4
 (single recessive epistasis)
 51 normal: 18 short
 3:1
 A – black
 a - blue
 B - stains
 b - suppresses staining
 D - normal hair
 d - short hair
 P♀ A A B B D D x ♂ a a b b d d
 Gametes ABD abd
 F₁ Aa Bb Dd black normal

♂ +	ABD	ABd	AbD	Abd	aBD	aBd	abD	abd
ABD	AABBDD ✓	AABBdD ✓	AABbDD ✓	AABbDd ✓	AaBBDD ✓	AaBBdD ✓	AaBbDD ✓	AaBbDd ✓
ABd	AABBdD ✓	AABBdd +	AABbDd ✓	AABbdd +	AaBBdD ✓	AaBBdd +	AaBbDd ✓	AaBbdd +
AbD	AABbDD ✓	AABbDd ✓	AAbbDD ^	AAbbDd ^	AaBbDD ✓	AaBbDd ✓	AabbDD ^	AabbDd ^
Abd	AABbDd ✓	AABbdd +^	AAbbDd ^	Aabbdd ~	AaBbDd ✓	AaBbdd +	AabbDd ^	Aabbdd ~
aBD	AaBBDD ✓	AaBBdD ✓	AaBbDD ✓	AaBbDd ✓	aaBBDD •	aaBBdD •	aaBbDD •	aaBbDd •
aBd	AaBBdD ✓	AaBBdd +	AaBbDd ✓	AaBbdd +	aaBBdD •	aaBBdd x•	aaBbDd x•	aaBbdd x
abD	AaBbDD ✓	AaBbDd ✓	AabbDD ^	AabbDd ^	aaBbDD •	aaBbDd •	aabbDD <	aabbDd <
abd	AaBbDd ✓	AaBbdd +	AabbDd ^	Aabbdd ~	aaBbDd •	aaBbdd x<	aabbDd x<	aabbdd

F₂ ✓ 27 ABD - Black, normal
 + 9 A-B-dd - black, short
 ^ 9 A-bb - D- white, normal
 • 9 aa B - D- blue, normal
 ~ 3 A - bbdd - white, short
 x 3aa B - dd - blue, short
 < 3 aa bbD - white, normal
 1 aa bb dd - white, short
 36 black : 12 blue : 16 white
 9 : 3 : 4

48 normal : 16 short
 3 : 1

- Answer:** 1. A – black, a – blue, B – does not suppress staining, b – suppresses staining, D- normal hair, d– short hair.
 2. Three pairs of genes interacting with each other by single recessive epistasis are responsible for the development of traits.
 3 . P♀ A A B B D D ♂ a a b b d d

57. Since the action of genes is not given, we start with the parents. Next, it is necessary to record the data of the first and second generation and determine the actions and type of interaction of genes. To solve the task, we will draw up a crossing scheme: P♀ pink normal x ♂ white normal. F₁ – pink normal, F₂ - 41 pink normal, 7 pink corrugated, 5 white corrugated and 13 white normal. First we need to

determine how many pairs of genes are involved in crossing. To do this, we will analyze the offspring of F_2 for each pair of alternative traits separately (color and shape). The result was a splitting of 48 pink: 18 white and 54 normal: 12 corrugated. By reducing the splitting 48:18 to about 18, we get a ratio of 3:1, and 54:12 we reduce to 4 to get the splitting 13:3. The number of pairs calculated as a result of quantitative splitting ratios shows us that it is three-hybrid crossing and the type of gene interaction is dominant epistasis ($B>D$). We determine the actions of the genes: A - pink, a - white; B - suppresses corrugation, b - does not suppress corrugation, D - corrugated petal, d - normal petal. So, we have answered the questions of the task, and now we will proceed to the design:

Given:

$P_{\text{♀}}$ pink, normal
 ♂ white, normal
 F_1 - pink, normal
 F_2 - 41 pink, normal
 7 pink, corrugated
 5 white, corrugated
 13 white, normal
 F_1 - pink, normal
 F_2 - 41 pink, normal:
 7 pink, corrugated
 5 white, corrugated: 13 white, normal
 48 pink : 18 white
 3:1
 54 normal : 12 corrugated
 13 : 3

Find:

actions of the genes and type of gene interaction-?

Solution:

$P_{\text{♀}}$ pink, normal x ♂ white normal
 F_1 - pink, normal
 A - pink, a - white; B - suppresses corrugation, b - does not suppress corrugation, D - corrugated petal, d - normal petal
 $P_{\text{♀}}$ AABBDd x ♂ aabbdd
 Gametes ABD abd
 F_1 AaBbDd pink, normal
 $P_{\text{♀}}$ AaBbDd x ♂ AaBbDd
 F_2 27 A-B-D pink, normal
 9 A-B-dd pink, normal
 9 A-bbD pink, corrugated
 3 A-bbdd pink, normal
 9 aa B - D white, normal.
 3 aa bb D white, normal
 3 aa bb D white, corrugated
 1 aa bb dd white, normal
 48 pink : 16 white 52 normal : 12 corrugated
 3 : 1 13 : 3

Answer: 1) A - pink, a - white; B - suppresses corrugation, b - does not suppress corrugation, D - corrugated petal, d - normal petal; 2) type of gene interaction - dominant epistasis ($B>D$).

Polymeriya

The types of gene interaction considered so far were related to alternative, i.e. *qualitatively different traits*.

With polymer inheritance, the development of one trait is controlled by several pairs of genes located on different chromosomes. The more genes are in the dominant state, the more the trait is manifested.

With the accumulation of dominant polymer genes, their action is summed up, i.e. they have a cumulative effect, so this type of interaction is called *cumulative polymerism*. To emphasize the uniqueness, the sameness of the action of different genes, they are designated by the same symbols, adding only different numbers - A_1, A_2 , etc. With cumulative polymerism, a quantitatively varying trait in different individuals of the same generation will be determined by a different number of dominant genes in the genotype. Thus, when crossing wheat (*Triticum*) races with red and white (unpainted) grains, the Swedish geneticist G.Nilsson-Ehle in 1908 discovered in F_2 the usual monohybrid splitting in the ratio of 3:1

However, when crossing some other wheat lines that differ in the same characteristics, there is a splitting in F_2 with respect to 15/16 colored : 1/16 white. The color of the grains from the first group varies from dark to pale red (Fig.6).

Genetic analysis of plants from F_2 seeds of different colors showed that plants grown from white grains and from grains with the darkest (red) color do not give splitting in the future. From grains with intermediate-type coloration, plants developed, which in subsequent generations gave splitting according to grain coloration. The intensity of grain coloring depends on the number of dominant genes in the genotype.

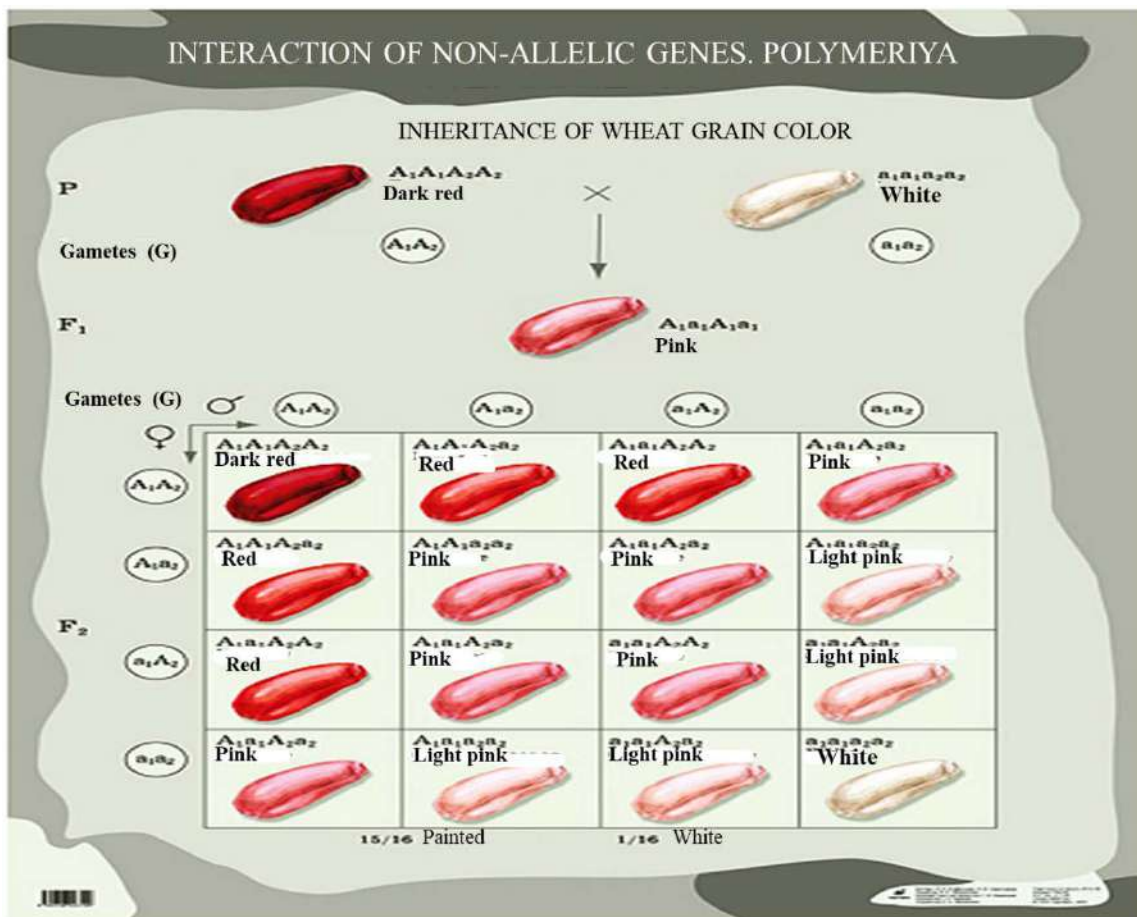


Figure 6. Inheritance of grain color in wheat (cumulative polymerism)

Consequently, the original parent forms that gave splitting in F_2 15:1 had the genotypes $A_1A_1A_2A_2$ and $a_1a_1a_2a_2$. The hybrid F_1 had the genotype $A_1a_1A_2a_2$, and grains with different numbers of dominant genes appeared in F_2 . The presence of all four dominant alleles $A_1A_1A_2A_2$ in 1/16 plants determines the most intense grain color; 4/16 of all grains had three dominant alleles (type $A_1A_1A_2a_2$), 6/16 had two ($A_1a_1A_2a_2$), 4/16 had one (type $A_1a_1a_2a_2$), all these genotypes determined various intermediate colors, transitional between intense red and white. Homozygous for both recessive genes ($a_1a_1a_2a_2$) was 1/16 of all grains, and these grains turned out to be unpainted.

In the case of non-cumulative polymerism, the character of the appearance of the trait does not change depending on the number of dominant genes in the genotype. An example is the inheritance of leg plumage in chickens (*Gallus gallus*). From crossing breeds with feathered and non-feathered legs, chickens with feathered legs appear in F_1 . In the second generation, phenotype splitting occurs in relation to 15/16 with feathered legs and 1/16 with non-feathered ones, i.e. two phenotypic classes are observed (Fig.7).

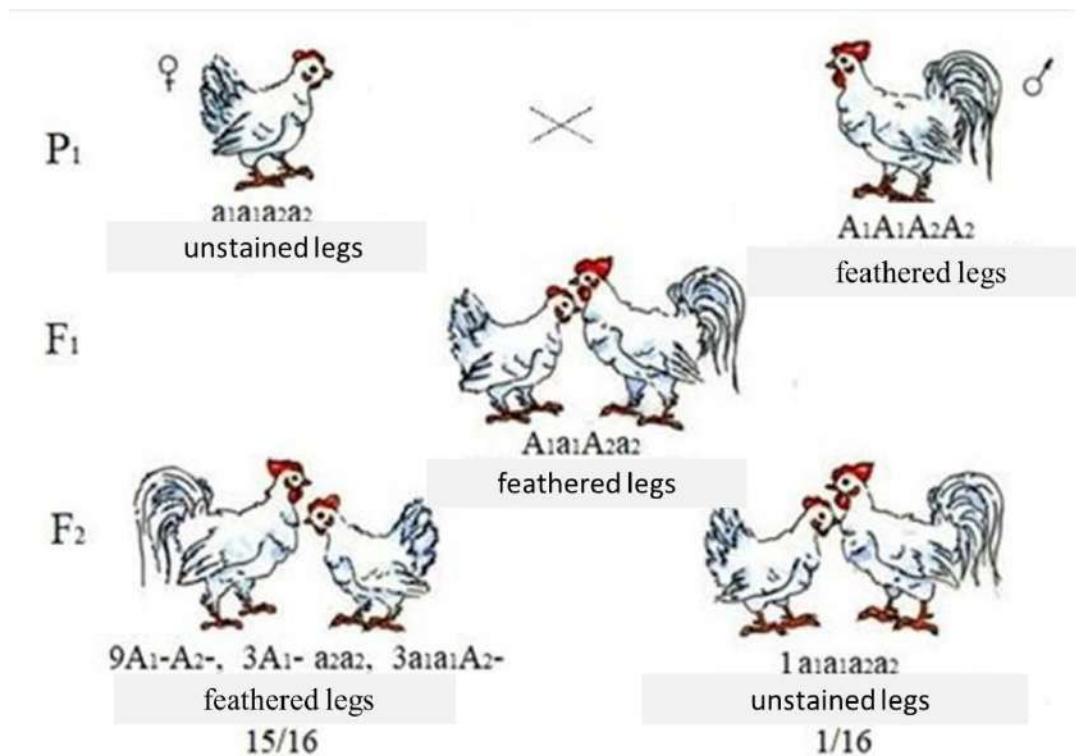


Figure 7. Inheritance of leg plumage in chickens (non-cumulative polymerism)

In the two examples given, the presence in the genotype of a different number of dominant polymer genes of unambiguous action does not change the severity of the trait. One dominant allele of either of the two genes is enough to trigger the development of the trait. Therefore, this type of gene interaction has been called non-cumulative polymerism.

Polymer action underlies the inheritance of quantitative traits and plays an important role in evolution.

For example, the degree of skin pigmentation is determined by two pairs (in fact, a large number) of genes. In accordance with this, according to this trait, people can be divided into 5 phenotypes: negroes ($AABB$), dark mulattoes ($AABb$ or $AaBB$), medium mulattoes ($AaBb$, $aaBB$ or $AAbb$), light mulattoes ($Aabb$ or $aaBb$) and white ($aabb$).

Genetics problems

58. Human skin color is determined by the interaction of several pairs of genes according to the type of cumulative polymerism, i.e. the more dominant genes is in the genotype, the darker the skin color is. The descendant of a Negro and a white is called a mulatto. If a black woman ($A_1A_1A_2A_2$) and a white man ($a_1a_1a_2a_2$) have children, then in what proportion can we expect the appearance of children of full Blacks, mulattoes and whites?

59. A shepherd's bag can have a triangular and rounded pod. When crossing any homozygous form with a triangular pod with a plant having a rounded pod, there are always triangular pods in F₁. Determine the genotypes of plants in crosses that give the following splitting in F₂: a) 15 plants with triangular pods, 1 with rounded ones; b) 3 plants with triangular pods, 1 with rounded ones.

60. Sheep of one breed have an average wool length of 40 cm, and the other – 10 cm. Suppose that the differences between these breeds depend on two pairs of genes with unambiguous action. What will F₁ and F₂ be like?

61. Ears of lop rabbits (30 cm) in length, other breeds have 10 cm. Suppose that the differences in the length of the ears depend on two pairs of genes with an unambiguous effect. The genotype of lop rabbits is $A_1A_1A_2A_2$, ordinary rabbits are $a_1a_1a_2a_2$. Determine the length of the ears of F₁ rabbits and all possible genotypes in F₂.

62.* Human height is controlled by several pairs of uncoupled genes that interact according to the type of polymerization. If we neglect and limit ourselves to only three pairs of genes, then we can assume that in some population the shortest people have all recessive genes and a height of 150 cm, the tallest

IV. SEX-LINKED INHERITANCE

Sex-linked traits are traits produced by genes located on the sex chromosomes (X, Y), (Fig. 8).

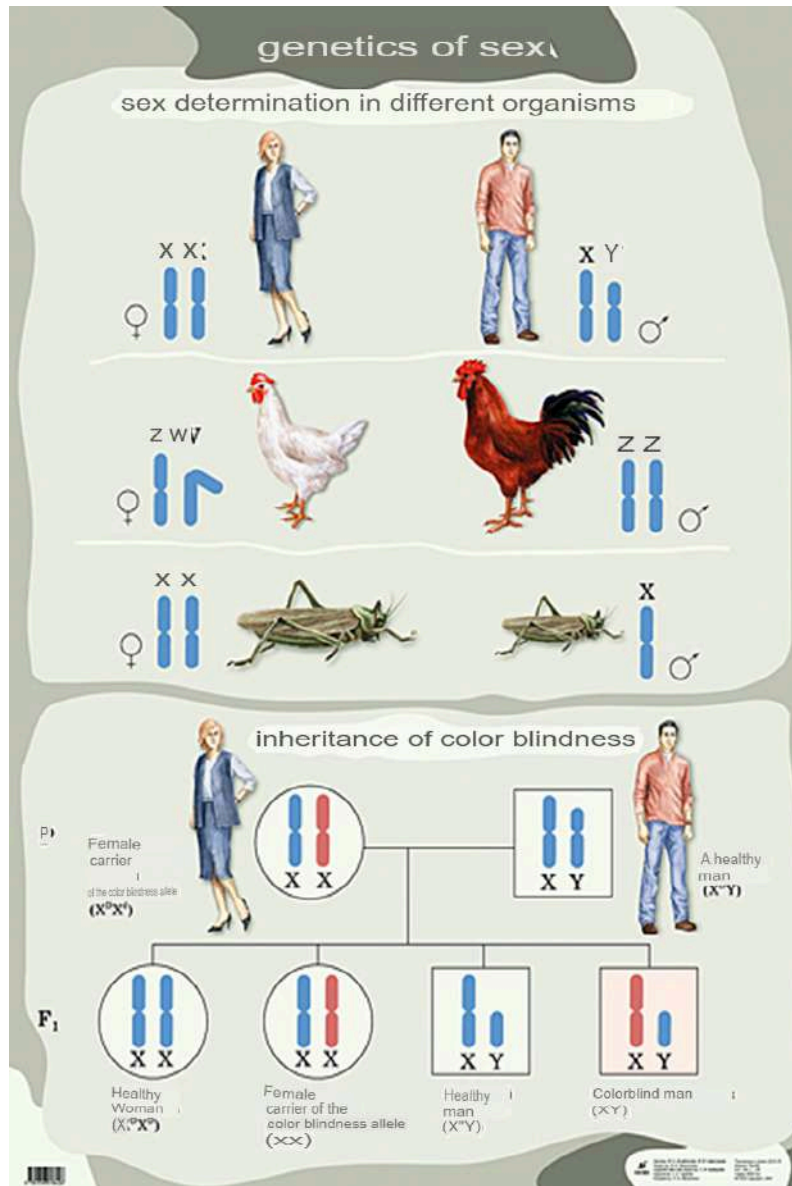


Figure 8. Sex determination in different organisms

If the gene producing the trait is located on the Y chromosome, then this trait is transmitted only to men during inheritance. If the gene is attached to the X chromosome, then it is transmitted equally from father to daughters, and from mother to daughter and son. If the recessive gene is linked to the X chromosome, then it is expressed only in the female homozygous form. Since a man does not have a second X chromosome, such a gene always manifests itself.

Chromosomes that show differences between male and female are called sex chromosomes, and those that do not show are called autosomes.

The sex that gives gametes with the same set of sex chromosomes is called homogamete (XX), and the one that forms two different gametes is called heterogamete (XY) (Fig. 9). As can be seen from this diagram, the formation of 1:1 spermatozoa with X and Y chromosomes ensures the separation of offspring 1:1.

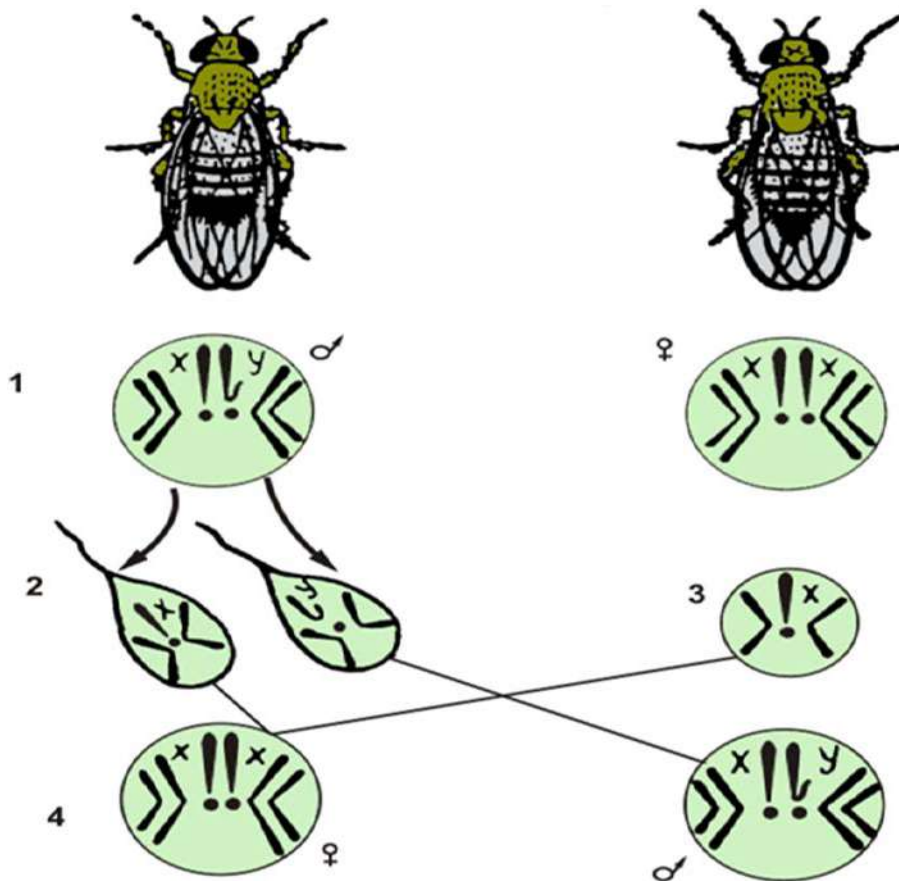


Figure 9. The scheme of sex determination in drosophila. Chromosome sets: 1- somatic cells; 2- spermatozoa; 3-eggs; 4- offspring

Genetics problems

64. * In chickens, the sex-linked R gene has a recessive lethal effect, causing the death of chickens before hatching (homozygous die before hatching). In birds the female sex is heterogametic, and the male sex is homogametic. From crossing a group A rooster with hens, 210 chickens were obtained, half of which were roosters and half were hens.

When crossing a rooster of group B with the same hens, 210 chickens were obtained, of which only 70 were hens. Determine the genotype of both roosters and hens.

65. In humans (color blindness) is determined by a recessive gene located on the X chromosome. Her father is colorblind, and she is a healthy girl, married to a man with normal vision, whose father does not distinguish colors. What will be the vision of the children born from this marriage?

66. * In humans, premature hair loss is inherited by a sex-linked trait S (baldness), dominant in men and recessive in women.

Brown-eyed, right-handed man with normal hair is married to a brown-eyed left-handed woman with normal hair. 2 children will be born from this marriage: bald, brown-eyed, right-handed son; normal haired, brown-eyed, left-handed son and normal haired, blue-eyed, right-handed daughter. Determine the genotypes of all people.

67. The recessive hemophilia (non-coagulability of blood) gene is located on the X chromosome. The girl's father suffers from hemophilia, while her mother is healthy in this respect and comes from a family that is well off for this disease. A girl marries a healthy young man. What can be said about their future sons, daughters, grandchildren of both sexes (if daughters and sons do not marry people who have the hemophilia gene)?

68. The absence of sweat glands in humans is a recessive trait linked to the X chromosome. A healthy man, married a woman whose father has no sweat glands, and her mother and her ancestors come from a healthy family. What is the probability of having children with such an anomaly in this family? If the wives of sons and husbands of daughters are healthy, what predictions can be expected about the fate of grandchildren and granddaughters?

69. In chickens, the gene responsible for the appearance of white and striped feathers is linked to the X chromosome. Striped color prevails over white. In chickens, the female is heterogamous.

a) As a result of crossing white hens with striped roosters on a poultry farm, all chicken roosters and chicken hens turned out to be striped. When crossing F1 with each other, 597 striped roosters and 601 striped and white hens were obtained. Determine the genotypes of the parents, first and second generation.

б) From crossing striped roosters and white hens, 20 striped roosters and hens and 18 white roosters and hens were obtained. Determine the genotypes of parents and offspring.

70. It is known that triple-coat cats are always females. This is due to the fact that the genes of black and red hair are allelic and are located on the X chromosome, but none of them dominates, and when red and black are combined, triple-coat individuals are formed.

a) What is the probability of getting triple-coat kittens in the offspring from crossing a triple-coat cat with a black cat?

б) What kind of offspring can be expected from crossing a black cat with a red cat?

71. Hypertrichosis (hair growth on the edge of the auricle) is transmitted via the Y chromosome, and polydactyly (six-fingered) is transmitted as a dominant autosomal gene. In a family where the father had hypertrichosis and the mother had polydactyly, a daughter who was normal in relation to both signs was born. What is the probability that the next child in this family will also be without both anomalies?

72. A right-handed woman with brown eyes and normal vision marries a right-handed, blue-eyed and colorblind (color blindness) man. They had a blue-eyed left-handed and colorblind daughter.

What is the probability that the next child in this family will be left-handed and suffer from color blindness, if it is known that brown eye color and the ability to use mainly the right hand are dominant autosomal unlinked signs, and color blindness is a recessive trait linked to the X chromosome? What eye color is possible in sick children?

73. Darkening of teeth can be determined by two dominant genes, one of which is located in autosomes, the other in the X chromosome. In the family of parents with dark teeth, a daughter and a son with normal teeth color were born.

Determine the probability of the birth of the next child in this family, also without anomalies, if it was possible to establish that the dark teeth of the mother are caused only by a gene linked to the X chromosome, and the dark teeth of the father are an autosomal gene, according to which he is heterozygous.

74.* In humans, color blindness (a form of color blindness) is caused by a recessive gene linked to the X chromosome. One type of anemia, thalassemia, is inherited as an autosomal dominant trait and is observed in two forms: in homozygotes it is severe, often fatal, in heterozygotes it is less severe. A woman with normal vision, but with a mild form of thalassemia, married to a healthy man, but colorblind, has a colorblind son with a mild form of thalassemia.

What is the probability of the birth of the next son without anomalies?

75. In humans, classical hemophilia is inherited as a recessive trait linked to the X chromosome. Albinism (lack of pigmentation) is caused by an autosomal recessive gene. One married couple, normal for these two signs, had a son with both anomalies.

What is the probability that the second son in this family will also have both anomalies at the same time?

76. A man suffering from color blindness and deafness married a woman with normal sight and normal hearing. They had a deaf and colorblind son and a colorblind daughter, but with good hearing. Determine the probability of having a daughter with both anomalies in this family, if it is known that color blindness and deafness are transmitted as recessive signs, but color blindness is linked to the X chromosome, and deafness is an autosomal sign.

77.* Hypertrichosis (hair growth on the edge of the auricle) is inherited as a Y-linked trait that manifests itself by the age of 17. One of the forms of ichthyosis (scaliness and mottled thickening of the skin) is inherited as a recessive trait linked to the X chromosome. In a family where a woman is normal for both signs, and the husband is the owner of only hypertrichosis, a boy was born with signs of ichthyosis. a) Determine the probability of hypertrichosis in this boy; b) Determine the probability of having children in this family without both anomalies and what gender they will be.

78. Retinitis pigmentosa (progressive narrowing of the visual field and increasing night blindness, which often leads to complete blindness) can be inherited in three ways: as an autosomal dominant trait, as an autosomal recessive and as a recessive linked to the X chromosome.

Determine the probability of having sick children in a family where the mother has retinitis

pigmentosa and is heterozygous for all three pairs of genes, and the father is healthy and normal for all three signs.

79.* A Rhesus-positive woman with blood group 0 marries a Rhesus-negative man with blood group AB. It is known that a woman is homozygous for the Rh-positivity allele. What is the probability of the birth of a Rh-positive child with blood group AB in this family?

Tasks solutions

64. First we write down what the task supposes. We show that the R gene is linked to the X chromosome and recessive r has a lethal effect that causes the death of chickens before hatching: X^R - life; X^r - death.

Taking into account the heterogamety of the female in hens, we will write down the parents and offspring:

A) $P \text{ } \overset{\text{♂}}{X^R X^r} \times \overset{\text{♀}}{X^R Y}$; F 210 = 105 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ + 105 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

B) $P \text{ } \overset{\text{♂}}{X^R X^r} \times \overset{\text{♀}}{X^R Y}$, F 210 = 70 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ + 140 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

It is necessary to determine the genotypes of the parents. Let's create a crossing scheme: $P \text{ } \overset{\text{♀}}{X^R Y} \times P \text{ } \overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

We determine the genotype of the parents by looking at their offspring: F 105 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ + 105 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$. The female individual is heterogamous by sex, therefore it gives two different gametes, the male individual is homogamous by gender, homozygous by genotype by dominant trait, therefore it gives one type of gametes. We will analyze the offspring obtained by combining gametes.

Now we will create a crossing scheme for group B. It is necessary to determine the genotype of the male sex. To do this, we will analyze the offspring. By reducing the number of descendants from 140 and 70 to 70, we will get a 2:1 split. The number of descendants is three, one died in the embryonic stage. We record the genotype of that dead chick and determine the genotype of the male: $P \text{ } \overset{\text{♀}}{X^R Y} \times \overset{\text{♂}}{X^R X^r}$. The female individual is heterogamous by gender, therefore it gives 2 types of gametes, and the male individual is heterozygous by genotype, also gives 2 types of gametes. We fill in the Penet square and analyze the offspring. We cross out the dead chicks. As a result, 2 male and 1 female chickens were obtained. This is proof that the genotype was determined correctly. Now we design the task:

Given:

X^R - life

X^r - death

$X^R X$

A) $P \text{ } \overset{\text{♂}}{X^R X^r} \times \overset{\text{♀}}{X^R Y}$

F 210 = 105 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ + 105 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

B) $P \text{ } \overset{\text{♂}}{X^R X^r} \times \overset{\text{♀}}{X^R Y}$

F 210 = 70 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ + 140 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

$P \text{ } \overset{\text{♀}}{X^R Y} \times \overset{\text{♂}}{X^R X^r}$, F 210 = 70 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ + 140 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

Find:

P - ?

Solution:

A. $P \text{ } \overset{\text{♀}}{X^R Y} \times \overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

F 210 = 105 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ + 105 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

G $X^R Y$ X^R

F 1 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$: 1 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

B. $P \text{ } \overset{\text{♀}}{X^R Y} \times \overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

F 210 = 70 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ + 140 $\overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

(70 $\overset{\text{♀}}{X^R Y}$ lethal)

F2

$\overset{\text{♂}}{X^R}$ $\overset{\text{♀}}{Y}$	X^R	X^r
X^R	X^R $X^R \overset{\text{♂}}$	$\frac{X^R}{X^r} \overset{\text{♂}}$
Y	X^R Y $\overset{\text{♀}}$	X^r Y $\overset{\text{♀}}$

2 $\overset{\text{♂}}$ alive : 1 $\overset{\text{♀}}$ alive : 1 $\overset{\text{♀}}$ dead

Answer:

A. $P \text{ } \overset{\text{♀}}{X^R Y} \times \overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

B. $P \text{ } \overset{\text{♀}}{X^R Y} \times \overset{\text{♂}}{X^R X^r}$

66. We write down what the task supposes. It is necessary to write the action of genes. In the human population, brown eyes and right-handedness are autosomal dominant traits. Premature hair loss is dominant in men and recessive in women, i.e. the effect of genes is recorded as follows: $\overset{\text{♂}}{XS}$ -

baldness, X^s - normal hair growth, X^S - hair, X^s - bald; A - brown eyes, a - blue eyes; B - right-handedness, b - left-handedness.

Now we write the parents: $P \text{ } \text{♂} X^s Y A-B- \text{ } P \text{ } \text{♀} X^S X^s A- bb$ and the offspring $F \text{ } \text{♂} X^s Y A-B; \text{ } \text{♀} X^S X^s aa B-; \text{ } \text{♂} X^s Y A- bb$. It is necessary to determine the genotypes of all people.

Let's create a scheme of crossing with parents and write about the offspring. We determine the genotype of parents by looking at their offspring. Since the offspring have a recessive trait, therefore both parents have a recessive gene. That is, the parent genotype looks like this: $P \text{ } \text{♀} X^S X^s Aa bb \text{ } P \text{ } \text{♂} X^s Y AaBb$. And we determine the offspring by looking at the parents. Offspring always inherit one gene from the father and the other from the mother. Therefore, their genotypes are: $F \text{ } \text{♂} X^s Y AA(a)Bb; \text{ } \text{♀} X^S X^s aa Bb, \text{ } \text{♂} X^s Y AA(a) bb$.

Given:

$\text{♂} X^s$ - baldness
 X^s - normal hair growth
 $\text{♀} X^S$ - hair
 X^s - bald
A - brown eyes
a - blue eyes
B - right-handedness
b - left-handedness.
 $P \text{ } \text{♂} X^s Y A-B- \text{ } \text{♀} X^S X^s A- bb$
 $F \text{ } \text{♂} X^s Y A-B; \text{ } \text{♀} X^S X^s aa B-; \text{ } \text{♂} X^s Y A- bb$

Find:

G - ?

Solution:

$P \text{ } \text{♂} X^s Y A-B- \text{ } \text{♀} X^S X^s A- bb$
 $F \text{ } \text{♂} X^s Y A-B; \text{ } \text{♀} X^S X^s aa B-; \text{ } \text{♂} X^s Y A- bb$
 $P \text{ } \text{♀} X^S X^s Aa bb \text{ } \times \text{ } \text{♂} X^s Y AaBb$
 $F \text{ } \text{♂} X^s Y AA(a)Bb; \text{ } \text{♀} X^S X^s aa Bb, \text{ } \text{♂} X^s Y AA(a) bb$.

Answer: $P \text{ } \text{♀} X^S X^s Aa bb \text{ } P \text{ } \text{♂} X^s Y AaBb$

$F \text{ } \text{♂} X^s Y AA(a)Bb; \text{ } \text{♀} X^S X^s aa Bb, \text{ } \text{♂} X^s Y AA(a) bb$.

73. We write down what the task supposes:

X^A - healthy;
 X^a - color blindness,
B - thalassemia,
b - healthy,
BB - lethality,
Bb - mild thalassemia
 $P \text{ } \text{♀} X^A X^a Bb \text{ } \text{♂} X^a Y BB \text{ } F \text{ } \text{♂} X^a Y Bb$.

It is necessary to determine the probability of the birth of a boy without an anomaly in the $F \text{ } \text{♂} X^a Y Bb$. Task solving. Let's build a crossing scheme and determine the genotype of the parents by looking at the offspring: $P \text{ } \text{♀} X^A X^a Bb$ and $\text{♂} X^a Y Bb$.

The maternal sex is homogeneous, and the genotype of the digeterozygote, therefore, gives 4 different gametes, the paternal sex is heterogeneous and, therefore, gives 2 types of gametes. Fill in the Pannet square. There were 8 offspring in total, 4 of them boys and 4 girls. When calculating the probability of the birth of a healthy boy from all the descendants of the $F \text{ } \text{♂} X^a Y Bb$. - 12,5%. And if we count only boys are counted separately, then it is 25%. So, we have finished the solution, now we move on to the design of the task.

Given:

$\underline{X^A}$ - healthy
 $\underline{X^a}$ - color blindness
B - thalassemia
b - healthy
 $\frac{B}{B}$ - lethality
 $\frac{B}{b}$ - mild thalassemia
 $P \text{ } \text{♀} X^A X^a Bb \text{ } \text{♂} X^a Y Bb$
 $F \text{ } \text{♂} X^a Y Bb$

Solution:

$P \text{ } \text{♀} X^A X^a Bb \text{ } \times \text{ } \text{♂} X^a Y Bb$
 $F \text{ } \text{♂} X^a Y Bb$

		♂	
		Xa b	Yb
♀	♂		
$\underline{X^A B}$	$\underline{X^a B}$	$\frac{X^A B}{X^a b}$	XAYBb
		$\frac{X^A b}{X^a B}$	

Find:

F♂X^AY^{BB} (%) - ?

<u>XAb</u>	<u>XAb</u> <u>Xa⁻b</u>	XAY bb healthy
<u>Xa B</u>	<u>Xa B</u> <u>Xa b</u>	XaY Bb
<u>Xab</u>	<u>Xa b</u> <u>Xa b</u>	XaY bb

8-100% x = 100/8 = 12,5 %
 1 - x; F♂ X^AY bb 12,5 %
 4 - 100% x = 100/4 = 25%♂
 1 - xF♂ X^AY bb

Answer: 8-100% x = 100/8 = 12,5 %

1 - x; F♂ X^AY bb 12,5 %

4 - 100% x = 100/4 = 25%♂

1 - xF♂ X^AY bb

77. * We write down what the task supposes. In the conditions of the task it is written that hypertrichosis is linked to the Y chromosome: Y^Z hypertrichosis. Ichthyosis is linked to the X^B chromosome: X^B is normal, X^b is ichthyosis. Let's write a crossing scheme: P♀ X^BX⁻ and ♂X^BY^Z

A son is born in the family with signs of ichthyosis F♂X^bY^Z. This boy will also have hypertrichosis, because he is linked to the Y chromosome. It is also necessary to determine the probability of having children in this family without both anomalies and what gender they will be.

Given:

X^B - healthy

b^B - ichthyosis

P♀ X^BX⁻ and ♂X^BY^Z

F♂X^BY^Z

Find:

F♂X^AY^{BB} (%) - ?

Solution:

P♀ X^BX^b x ♂X^BY^Z
 F♂X^bY^Z

♂ ♀	<u>X^B</u>	Y ^Z
<u>X^B</u>	<u>X^B</u> <u>X^B</u>	X ^B Y ^Z hypertrichosis
<u>X^b</u>	<u>X^B</u> <u>X^b</u>	X ^b Y ^Z Hypertrichosis/ ichthyosis

4 - 100 %
 2 - x
 x = 100 / 2 = 50% ;
 F♀ $\frac{X^B}{X^B}$ = 25% ♀ $\frac{x^B}{x^b}$ 25%

Answer: 1) In boys born, the percentage of hypertrichosis is 100%, since it is inherited from the father on the Y chromosome.

2) The probability of having a healthy child in this family is 50%, and they are exclusively girls by gender.

F♀ $\frac{X^B}{X^B}$, ♀ $\frac{x^B}{x^b}$

The second girl is healthy by phenotype, but the ichthyosis gene is stored in her genotype in a hidden form and she is a carrier of this gene.

79. A Rh-positive woman with 0 blood type marries a Rh-negative man with AB blood type. It is known that a woman is homozygous for Rh-positive alleles. What is the probability of having a Rh-positive child with AB blood type in this family?

Solution:

In humans, the "Rh-positive" gene prevails over the "Rh-negative" gene. Rh (+) - Rh-positive;

Rh (-) - Rh-negative. Three genes are responsible for the inheritance of the blood type in humans: I^0 -the gene of the Ist blood group (O type); I^A -the gene of the IInd blood group (A type); I^B -the gene of the IIIrd blood group (B type). The presence of two types of alleles in the human genotype is responsible for the blood group, and the I^0 allele is recessive with respect to I^A and I^B . Possible genotypes of the blood group in humans:

I^A and I^B . Possible genotypes of human blood groups:

I^0I^0 - Ist blood group (O type);

I^AI^0 - IInd blood group (A type);

$I^A I^A$ - IInd blood group (A type);

I^BI^0 - IIIrd blood group (B type);

$I^B I^B$ - IIIrd blood group (B type);

$I^A I^B$ - IVth blood group (AB type).

Since a woman is Rh-positive with O blood type and is known to be homozygous for the Rh-positive allele, her genotype looks like this: **$I^0I^0Rh(+)$ $Rh(+)$** . In a Rh-negative male with AB blood type, the genotype will be as follows: **$I^A I^B rh(-)$ $rh(-)$**

Crossing scheme:

P: $I^0I^0Rh(+)$ $Rh(+)$ x $I^A I^B rh(-)$ $rh(-)$

G: $I^0Rh(+)$ $I^A rh(-)$; $I^B rh(-)$

F: $I^A I^0 Rh(+)$ $rh(-)$ - 50%; $I^B I^0 Rh(+)$ $rh(-)$ - 50%.

There are 2 types of genotype. The difference in genotype is -1:1.

Phenotype:

$I^A I^0 Rh(+)$ $rh(-)$ - Rh - positive with A blood type -50%;

$I^B I^0 Rh(+)$ $rh(-)$ - Rh-positive with B blood type - 50%.

There are 2 types of phenotype. The difference in phenotype is 1:1.

Given:

Rh (+) – Rh positive

Rh (-) – Rh negative

P ♀ $I^0I^0Rh(+)$ $Rh(+)$

♂ $I^A I^B rh(-)$ $rh(-)$

Find:

F % IV Rh (+)?

Solution:

P: $I^0I^0Rh(+)$ $Rh(+)$ x $I^A I^B rh(-)$ $rh(-)$

G: $I^0Rh(+)$ $I^A rh(-)$; $I^B rh(-)$

F: $I^A I^0 Rh(+)$ $rh(-)$ - 50%;

$I^B I^0 Rh(+)$ $rh(-)$ - 50%.

Answer:

1) the probability of the birth of a Rh-positive child with A blood type and a Rh-positive child with B blood type in this family is the same; 2) the probability of the birth of a Rh-positive child with AB blood type in this family is 0.00%.

Control questions

1. What are the signs related to the signs linked to gender?
2. What is "criss –cross" inheritance?
3. Explain the differences between homo- and heterogamous gender.
4. Describe the chromosomal and balance theory of sex determination.
5. What signs are called autosomal?

V. GENE LINKAGE AND CROSSING-OVER

Gregor Mendel's third law, the law of independent inheritance of pairs of traits, is implemented only if the genes producing the traits are located on non-homologous chromosomes. It is known that there are infinitely many signs in life, and the number of chromosomes is limited. Therefore, several, many genes can be located on one chromosome. Genes located on one such chromosome, according to the behavior of chromosomes in meiosis, should be inherited together. If the genes are located on the same chromosome, then they are inherited in combination. The combination of such genes was the beginning of the laws that Thomas Morgan discovered.

The process of exchange through similar shares of homologous chromosomes containing genes is called chromosome crossing or crossing over. Crossover provides a new combination of genes in homologous chromosomes. The phenomenon of crossing over was discovered in *Drosophila* (Fig. 10).

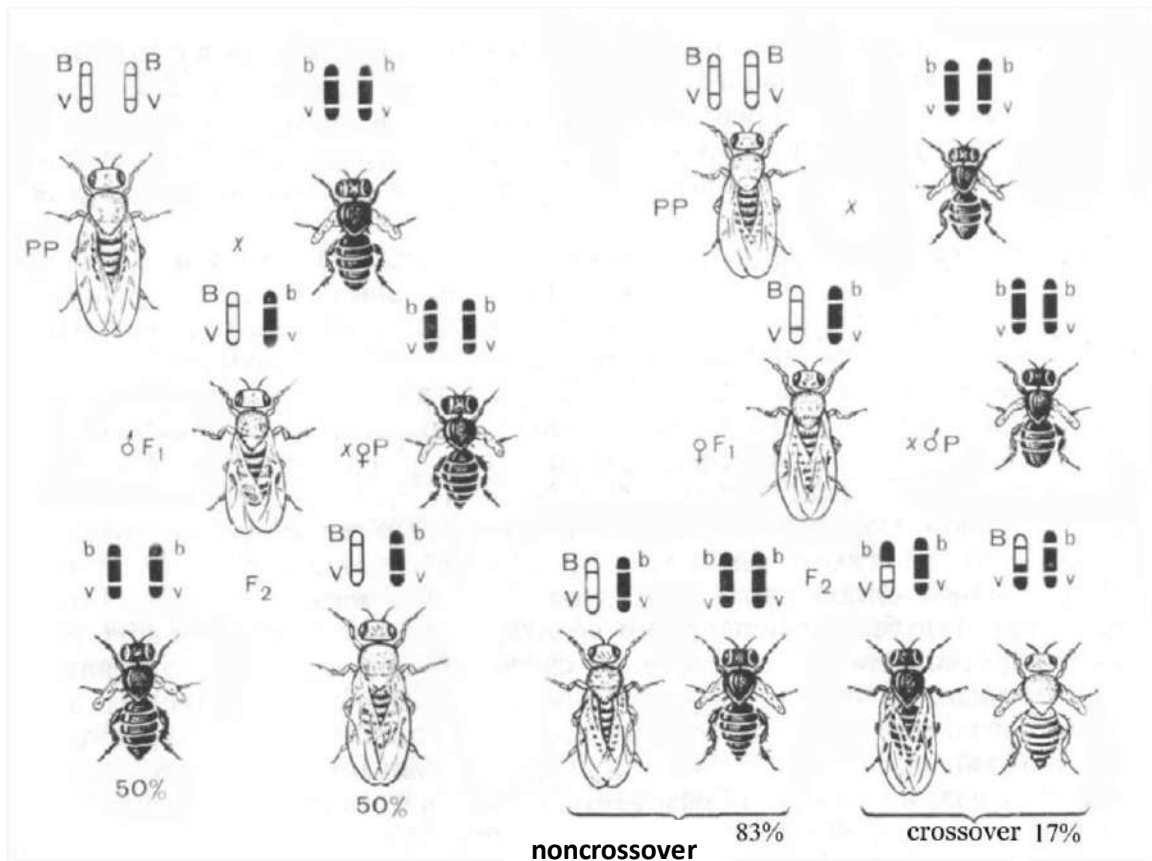


Figure 10. Linked inheritance and crossing over in *Drosophila*

However, genes may not combine all the time. At the stage of meiosis, homologous chromosomes exchange similar sites, which leads to the process of crossing over. The crossing over is a source of combinative variability. Inherited genes located on one chromosome form a fusion group. The number of coupling groups of any kind is equal to the haploid set of chromosomes. Each gene has its own place - a locus on the chromosome.

T. Morgan discovered that genes are located linearly on the chromosome, and the frequency of crossing over depends on their distance. Crossing over occurs rarely if genes are located close to each other on a chromosome, and often if they are located far away. Crossing over, or the percentage of crossover, indicates that the distance between genes and their location along a line on a chromosome is considered a function, that is, the frequency of crossing over between genes is directly proportional to the distance they separate on the chromosome, and from this data a genetic map of the chromosomes can be created. Genetic mapping refers to the arrangement of genes present in the same linkage group. The distance between genes is measured in morganids. One morganid corresponds to one percent of crossing over. The genetic map must indicate linkage groups, full or abbreviated names of genes, and the distance indicated by the morganid starting from one edge of the chromosome (Fig. 11).

Percentage of crossing over and linear arrangement of genes on a chromosome

Taking into account the recombined individuals and their total number, the crossing-over frequency can be calculated using the formula 2:

$$\text{Crossing over frequency (\%)} = \frac{x}{y} * 100 \quad (2)$$

Where X is the number of individuals that have undergone recombination; Y is the total number of individuals. For example, when crossing flies obtained in the F₁ generation with homozygous double recessives, the following results were obtained:

Parental phenotype:

Gray body, normal wings(b^+vg^+)	-965
Black body, rudimentary wings(bvg)	-944

Recombinant phenotype:

Black body, normal wings(bvg^+)	-206
Gray body, rudimentary wings(b^+vg)	-185

$$\text{Recombination frequency: } \frac{206+185}{(965+944)+(206+185)} * 100 = \frac{391}{2300} * 100 = 17\%$$

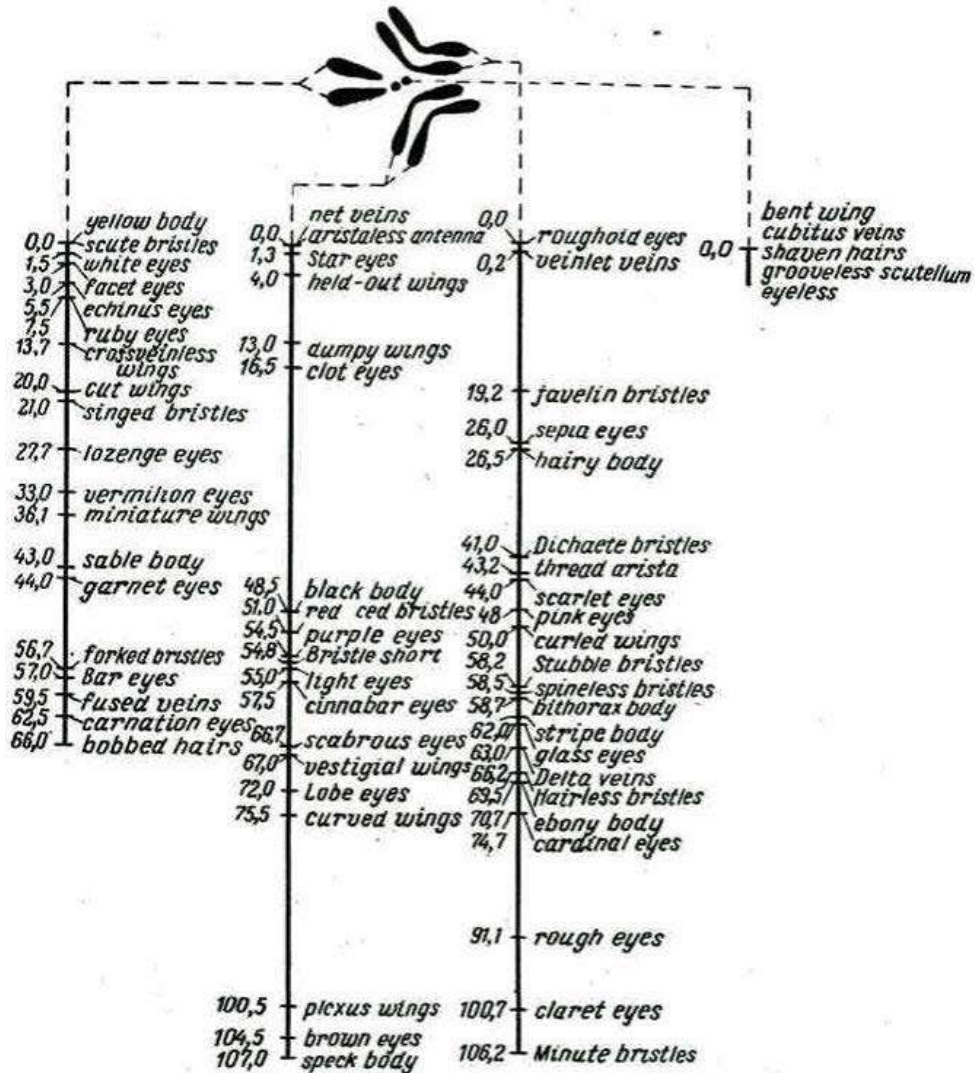


Figure 11. Genetic map of Drosophila chromosomes

Genetics problems

80.* The color of a flower is determined by the action of two pairs of genes. Two dominant genes together produce the color red, while recessive genes produce the color white. The red-flowered variety was crossed with the white-flowered variety, and then an analytical cross was carried out. As a result, 2264 white-flowered and 1651 red-flowered hybrids were obtained. In the second case, two different varieties of white flowers were crossed. Then, an analytical cross was carried out, which resulted in 2274 plants with white flowers and 162 plants with red flowers. Determine the amount of crossing over.

81.* Genes A, B and D are located in this order on the same chromosome. The amount of crossover (crossing over) between genes A and B is 20%, between genes B and D is 10%. Homozygous individual for ABD genes, crossed with a homozygous individual for abd. What gametes are formed in F_1 ? How to get line D from +++/+++ and abd/abd?

Write a crossbreeding diagram.

82. Genes a and b are located in a ratio of 20 units (percent) on chromosome II, genes d and e in a ratio of 40 units on chromosome VI. A homozygous individual for alleles A, B, D, E is crossed with a recessive form for these genes.

Determine how many different gametes this tetrazygote produces and in what proportions.

83.* A plant with colored (D), wrinkled (S), hard (W) endosperm is crossed with a plant with uncolored (d), smooth (s), soft (w) endosperm. The resulting F_1 hybrid is then crossed with a plant that had uncolored, smooth, soft endosperm .

Map the chromosome by analyzing the offspring and show the relative location of the genes from each other:

colored, wrinkled, soft-601,
colored, smooth, hard-4,
uncolored, smooth, soft-2708,
uncolored, wrinkled, hard-113,
uncolored, smooth, hard-626,
colored, grooved, solid-2538,
uncolored, wrinkled, soft -2,
colored, smooth, soft-116.

84. In tomatoes, tall stem growth dominates over dwarf growth, and the spherical shape of the fruit over the pear-shaped one. The stem height genes and fruit shape are linked and are located at a distance of 20 morganids from each other.

A plant heterozygous for both traits was crossed with a dwarf plant with pear-shaped fruits. What kind of offspring should be expected from this cross?

85.* Classical hemophilia and color blindness are inherited as recessive traits linked to the X chromosome. The distance between genes is determined to be 9.8 morganids.

1. A girl whose father is colorblind and hemophiliac, but whose mother is healthy and comes from a family free from these diseases, marries a healthy man. Determine the likely phenotypes of the children from this marriage.

2. A woman whose mother suffered from color blindness and whose father was hemophiliac married a man suffering from both diseases. Determine the probability of children being born in this family simultaneously with both anomalies.

86. In humans, the genes for the Rh factor and elliptocytosis are located on the same chromosome at a distance of three morganids from each other. Positive Rh and elliptocytosis are determined by dominant genes. The night blindness gene and the color blindness gene are located on the X chromosome at a distance of 50 morganids from each other. Both traits are inherited in a recessive manner.

1. A woman who is heterozygous for three characteristics and whose ancestors had crossing overs, marries a man who suffers from both color and night blindness and is homozygous for both autosomal recessive genes. Determine the likely phenotypes of children born in this family.

2. A Rh-positive woman with a normal shape of red blood cells and normal vision marries a Rh-negative man with elliptocytosis and suffering from night blindness. It is known that the woman's father was Rh-negative and colorblind, and her mother saw colors normally, but suffered from night blindness. Only the man's father suffered from elliptocytosis, and his mother also suffered from night blindness. Determine the probability of birth in this family of Rh-negative children without other anomalies.

3. A woman who is heterozygous for all characteristics marries an Rh-negative man who is normal in all other analyzed characteristics. It is known that the woman's father was Rh-negative, had

elliptocytosis, suffered from night blindness, but could distinguish colors normally. Determine the likely phenotypes of the children in this family.

87. In a plant, a colored flower is dominant over an uncolored one, and the yellow color of the plant is recessive to green. Two heterozygous plants were crossed with a recessive homozygous form, resulting in the following offspring:

Flower color	Plantcolor	Plants 1	Plants 2
Colored	Green	88	23
Colored	Yellow	12	170
Uncolored	Green	8	190
Uncolored	Yellow	92	17

What are the genotypes of both heterozygous plants? Calculate the amount of crossing over. What kind of offspring would result from the self-pollination of each plant and when crossing them with each other?

88. The results of an analytical crossing of *Drosophila* are presented. Determine the order of genes and the distance between them, as well as the genotype of the heterozygous parent. Gene designations: ec^+ - normal eye facets, ec^- large and rough; cv^+ - there is a cross-vein on the wing, cv^- - there is no vein; ct^+ - normal wings, ct^- - notches on the wings.

$ec\ cv^+ct^-$ - 2125	$ec^+ cv\ ct^-$ - 223
$ec^+cv^+ct^-$ - 265	$ec^+ cv\ ct^+$ - 2207
$ec\ cv\ ct^-$ - 3	$ec\ cv^+ct^+$ - 217
$ec\ cv\ ct^+$ - 273	$ec^+cv^+ct^+$ - 5

89* The female *drosophila* is heterozygous for three mutations: Bar eyes (Bar), miniature wings (miniature) and a black body (ebony). Note that Bar is a dominant mutation. This female was crossed with a male with normal eyes, miniature wings and a black body. The results of the crossing are shown in the following:

- 111 miniature
- 29 wild type
- 117 Bar
- 26 Bar, miniature
- 101 Bar, ebony
- 31 Bar, miniature, ebony
- 35 ebony
- 115 miniature, ebony

Analyze the results of crossing. Make a map of these genes and determine the distance between the linked genes.

90* The following pairs of signs are known in tomatoes: the fruit is rounded (O) and flat (o), pubescent (p) and undescended (P), single flowers (S) and collected in an inflorescence (s). All three genes are located on the second chromosome. Based on the results of the analyzing crossing, determine the order of genes and the distance between them, the genotypes of the original homozygous plants.

OPS — 73, oPS — 110, OPs — 348, oPs — 2, OpS — 2, opS — 306, Ops — 96, ops — 63

91* Five sex-linked recessive genes of *Drosophila* (ec , sc , v , cv , and ct) produce traits called echinus, scute, vermilion, crossveinless, and cut, respectively. Echinus is a mutant producing rough eyes with large facets. Scute manifests itself by the absence or reduction in the number of bristles on certain parts of the body. Vermilion is a bright orange-red eye color. Crossveinless prevents the development of supporting structures in the wings. Cut produces scalloped and pointed wings with manifold (pleiotropic) effects in other parts of the body. At the beginning of our experiments we do not know the gene order. From the results of the following three experiments, construct a genetic map for this region of the X chromosome. Whenever possible use weighted averages. *Experiment 1.* Echinus females crossed to scute, crossveinless males produced all wild-type females and all echinus males in the F1. When the F1 females were testcrossed, the results (including both male and female progeny) were as follows:

810 echinus	62 echinus, scute
88 crossveinless	103 echinus, crossveinless
89 scute	828 scute, crossveinless

Experiment 2. Crossveinless females crossed to echinus, cut males produced all wild-type females and all crossveinless males in the F1. When the F1 females were testcrossed, the results (including both male and female progeny) were as follows:

2207 crossveinless	273 echinus, crossveinless
5 wild type	265 cut
3 echinus, crossveinless, cut	223 crossveinless, cut
2125 echinus, cut	217 echinus

Experiment 3. Cut females crossed to vermilion, crossveinless males produced all wild-type females and cut males in the F1. When the F1 females were testcrossed, the results (including both male and female progeny) were as follows:

766 vermilion, crossveinless	73 vermilion
759 cut	85 crossveinless, cut
140 vermilion, cut	2 wild type
158 crossveinless	2 vermilion, crossveinless, cut

Tasks solutions

80*. First we write down what the task supposes. The actions of the genes are given: AB-red, ab-white. Showing parents and children:

1) $P_{\text{♀}} \frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab} F_{\text{b}}$ 2264 white, 1651 AB, 2) $P_{\text{♀}} \frac{AB}{AB} \times \frac{aB}{aB} F_{\text{b}}$ 2274 white, 162 AB

It is necessary to determine the amount of crossing over. Let's move on to solving the problem.

Let's write a crossing scheme: $P_{\text{♀}} \frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab}$. Received $F_1 \frac{AB}{aB}$ red. Let's carry out an analytical crossbreeding. $P_{\text{♀}} \frac{AB}{aB} \times \frac{ab}{ab}$. The mother gives 4 different types of gametes, the male gives the same type of gametes. Filling in the Punnett square. The number of red-flowering plants inside the square is 1651. The number of white-flowering plants is 2264. To find the number of plants with crossover white flowers originating from crossover gametes, we rely on splitting in F_{b} . It is known that the ratio is 1: 1: 1: 1. The number of non-crossover red-flowering plants in the Punnett square is 1651. The number of non-crossover white-flowering plants is 1651, that is, the number of white flowers is also 1651. If you subtract 1651 from all white flowers 2264 the number of crossover white flowers will be 613.

We determine the amount of crossing over using the formula: $K \% = a/A \times 100\%$. A is the number of all offspring of the analyzing cross, and is the number of crossover individuals. $K \% = 613 / 3915 \times 100\% \approx 15\%$.

Now let's move on to the second part: $P_{\text{♀}} \frac{AB}{aB} \times \frac{aB}{aB} F_1 \frac{AB}{aB}$ red. We carry out analytical crossbreeding $P_{\text{♀}} \frac{AB}{aB} \times \frac{aB}{aB}$, we analyze the resulting hybrid. In F_{b} - crossover gametes are AB and ab, their resulting 162 plants with red flowers will be crossover. To find crossovers among 2274 white-flowering plants, we rely on the rule where the number of crossover individuals is always equal (F_{b} 1:1:1:1) to each other. That is, the number of crossover white flowers will be 162. Determine the amount of crossover: $K = 324 / 2436 \times 100 \% \approx 13\%$.

Now let's move on to solving of the problem.

Given:

AB – red
 ab – white
 I. $P_{\text{♀}} \frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab} F_{\text{b}}$ – 2264 – white 1651 AB
 II. $P_{\text{♀}} \frac{AB}{AB} \times \frac{aB}{aB} F_{\text{b}}$ – 2274 – white 162 AB

Find:

K% - ?

Solution:

I. $P_{\text{♀}} \frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab}$
 G AB ab
 $F_1 \frac{AB}{aB}$ red colour
 $P_{\text{♀}} \frac{AB}{aB} \times \frac{ab}{ab}$
 Fb
 Red-1651
 Crossover white - 613
 White in total - 2264
 White non-crossover - 1651
 $K = a/ A \times 100\%$

$a = 2264 - 1651 = 613$
 $A = 3915$
 $K \% = 613/3915 \times 100\% \approx 15\%$
 F_b
 II. $P_{\text{♀}} AB/AB \times \text{♂} aB/aB$
 $G \quad AB \quad aB$
 $F_1 AB/aB \text{ red}$
 $P_{\text{♀}} AB/aB \times \text{♂} ab/ab$
 $a = 162 + 162 = 324$
 $A = 2274 + 162 = 2436$
 $K = 324 / 2436 \times 100 \% \approx 13\%$

Answer: I. $K\% \approx 15\%$ II. $K\% \approx 13\%$

81*

Given:

$\frac{ABD}{AB-20\%} \quad \frac{BD}{BD} - 10\%$
 I. $P_{\text{♀}} \frac{ABD}{ABD} \times \text{♂} \frac{abd}{abd}$
 II. $P_{\text{♀}} \frac{abd}{abd} \times \text{♂} \frac{+++}{\square}$

Find:

F_1 gametes - ?
 $F_2 \quad ab + aB + \frac{\square}{\square} ?$

Solution:

I. $P_{\text{♀}} \frac{ABD}{ABD} \times \text{♂} \frac{abd}{abd}$
 Gamete $ABD \quad abd$

$F_1 \frac{ABD}{abd}$

F_1 gametes 68%

$\frac{ABD}{34}$ non-crossover

Crossover: 20% 10% 2%

$\frac{Abd}{10} \quad \frac{aBD}{10} \quad \frac{ABd}{5} \quad \frac{aBD}{5} \quad \frac{ABD}{1} \quad \frac{aBd}{1}$

$K_2 = K_1 \times K_1 / 100\% = 20 \times 10 / 100\% = 2\%$ (double crossover)
 If we take all gametes as 100%, the percentage of non-crossovers will be -

$K\% = 100\% - 32\% = 68\%$

II. $P_{\text{♀}} \frac{abd}{abd} \times \text{♂} \frac{+++}{\square}$

$P_{\text{♀}} \frac{+++}{abd} \times \text{♂} \frac{+++}{abd}$ crossover gametes

$34\% \quad 5\% \quad 10\% \quad 1\%$
 Gamete $abd \quad +++$ parental gametes $+++++dBd+++B+$

$F_1 \frac{+++}{abd} \quad 34\% \quad 10\% \quad 5\% \quad 1\%$

$abda++aB+a+d$

When merging parent gametes and filling in the Pannet square in F_2

$ab + aB + \frac{\square}{\square}$ share of received 0,25% ($ab + (5\%) \times ab + (5\%)$)

$5 \times 5 / 100\% = 0,25\%$

Answer: I. $F_1 \frac{ABD}{34} \frac{abd}{34} \frac{Abd}{10} \frac{aBD}{10} \frac{ABd}{5} \frac{aBD}{5} \frac{ABD}{1} \frac{aBd}{1}$

$$\text{II.F}_2 \quad \text{ab} + \text{ab} + \frac{\square}{\square} \quad 0.25\%$$

83. Firstly we write what the task supposes: D - colored, d - uncolored; S - wrinkled, s - smooth; W - starchy, w - waxy. $P_{\square} \frac{DSW}{DSW} \times \frac{dsw}{dsw}$; $P_{\square} F_1 \frac{dsw}{dsw}$
 $F_b \frac{DSW}{601}, \frac{DsW}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dSW}{626}, \frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$

It is necessary to build a map of the chromosome and show the location of the genes.

Let's start solving the problem: $P_{\square} \frac{DSW}{DSW} \times \frac{dsw}{dsw}$ $F_1 \frac{DSW}{dsw}$ $P_{\square} \frac{DSW}{dsw} \times \frac{dsw}{dsw}$

Gametes $\frac{DSW}{601}, \frac{DsW}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dSW}{626}, \frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$

To build a chromosome map, we need to determine the percentage of crossover. To do this, use this formula. $K\% = a / A \times 100\%$ A – the total amount. F_b equals to 6708. First we need to find the percentage of crossover between D and S genes. To do this, we sum up the number of crossover gametes (DsW, dSw, dSW, Dsw): $a = 4 + 2 + 113 + 116 = 235$. Now let's define the crossover between genes S and W (DSw, DSw, dsW, dSw):

$a = 601 + 626 + 4 + 2 = 1233$. Determine the percentage of crossing over between genes D and S: $K\% = 235 / 6708 \times 100\% \approx 3.5\%$. Percentage of crossing over of S and W genes: $K\% = 1233 / 6708 \times 100\% \approx 18.3\%$.

The distance between two extreme genes is equal to the distance between three neighboring genes, that is, the distance between the D and W genes is $3.5\% + 18.3\% = 21.8\%$. This must be proven as follows: crossover gametes between the D and W genes: DSw, dSW, dsW, Dsw.

$$a = 601 + 113 + 626 + 116 = 1456$$

$$\text{DW } K\% = 1456 / 6708 \times 100\% = 21.7\%$$

The distance between DW genes should be equal to 21.8%, however, the result of the experiment only shows 21.7%, that is, another 0.1% is missing. This is due to the fact that along with single crossings, there was also a double crossing. Now we need to find its value. Crossover gametes from double crossing over $\frac{DsW}{4}$ and $\frac{dSw}{2}$; $K_2\% = K_1 \times K_1 / 100\%$. Theoretical expectation of double crossing over: $K_2\% = 3.5\% \times 18.3\% / 100\% = 0.6\%$. The actual crossing over value is 0.1%. Distance between genes D and W is $K\% = 21.7\% + 0.1\% = 21.8\%$. For quantitative assessments of the level of interference, the coincidence coefficient – C is used, which is equal to the ratio of the actual frequency of double exchanges to the theoretically expected frequency (i.e., provided that exchanges in neighboring chromosome regions are independent). $C = 0.1 / 0.6 \approx 0.17$, i.e. $C < 1$. The amount of interference (I) is determined by the formula 3:

$$I = 1 - C. \quad (3)$$

If $C < 1$, then the interference is positive, i.e. a single exchange prevents exchange at an adjacent chromosome site. If $C > 1$, then the *interference is negative*, i.e. one exchange seems to stimulate additional exchanges in neighboring regions. In reality, there is only positive interference during reciprocal recombination - crossing over, and the seemingly non-random coincidence of two or more exchanges, characteristic of very short distances, is the result of non-reciprocal events during recombination.

To draw a map of a chromosome, a straight line is drawn in the horizontal direction, where the sequence of the genes is recorded in a certain order. That is, the D and W genes are located at both ends and the S gene is located closer to the D gene, at a distance of 3.5 percent (or morganiade). Having answered the questions of the task, we proceed to its design.

Suppose:

D – colored
d - uncolored
S - wrinkled
s - smooth
W- starchy
w - waxy

Solution:

$P_{\square} \frac{DSW}{DSW} \times \frac{dsw}{dsw}$
Gamete DSW dsw

$F_1 \frac{DSW}{dsw}$

$$P_{\text{♀}} \frac{DSW}{DSW} \times P_{\text{♂}} \frac{dsw}{dsw}$$

$$P_{\text{♀}} F1 \times P_{\text{♂}} \frac{dsw}{dsw}$$

$$F_{\text{T}} \frac{DSW}{601}, \frac{Dsw}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dsw}{626}$$

$$\frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$$

Find:

Chromosome Map - ?

$$P_{\text{♀}} \frac{DSW}{dsw} \times P_{\text{♂}} \frac{dsw}{dsw}$$

$$F_{\text{T}} \frac{DSW}{601}, \frac{Dsw}{4}, \frac{dsw}{2708}, \frac{dSW}{113}, \frac{dsw}{626}$$

$$\frac{DSW}{2538}, \frac{dSw}{2}, \frac{Dsw}{116}$$

$$\frac{DS}{K\%} = \frac{235}{6708} \times 100\% \approx 3.5\%$$

$$\frac{SW}{K\%} = \frac{1233}{6708} \times 100\% = 18.3\%$$

$$\frac{DW}{K\%} = \frac{1456}{6708} \times 100\% = 21.7\%$$

$$\frac{DW}{K\%} = 21.7\% + 0.1\% = 21.8\%$$

$$21.8\%$$

$$\frac{D}{3.5\%} \quad \frac{S}{18.3\%} \quad \frac{W}{21.8\%}$$

Answer: D – 3,5% – S – 18,3% – W, D – 21,8% – W.

85. The actions of genes and the amount of crossover are given: XA is healthy, Xa is hemophiliac, XB is healthy, Xb is daltonian; K% = 9.8% between a and b. We take the woman's parents in brackets and write in a row so as not to confuse.

$$1. P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{AB}} \times P_{\text{♂}} \frac{X_{AB}Y}{X_{AB}Y}) \quad P_{\text{♂}} \frac{X_{AB}Y}{X_{AB}Y} \quad 2. P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{AB}} \times P_{\text{♂}} \frac{X_{AB}Y}{X_{AB}Y}) \quad P_{\text{♂}} \frac{X_{aB}Y}{X_{aB}Y}$$

In the first case, it is necessary to determine the phenotype of the born children, in the second case $F\% \frac{X_{aB}}{X_{aB}} \times X_{aB}$ the percentage of the child who also suffers XaB.

We proceed to solve the problem. First, we determine the genotype of a woman, based on data about her parents, and so, the genotype of a woman- $P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{aB}}$ - digeterozygous. We write a crossing scheme and fill in the Pnett square.

I. $P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{aB}} \times \frac{X_{AB}Y}{X_{AB}Y}$. When analyzing the Pnett square, we have to divide the crossover value (9.8%) into two crossover: AB and aB gametes by 4.9%. To determine the percentage of each cell, write down 100 percent: for females – 45.1% non-crossover, write 4.9% for each of the crossover gametes. And the male doesn't have crossover, so 50 percent is recorded for each gamete. The girls born from this marriage turned out to be 100% healthy, and the sons were 72.55% healthy, 2.45% daltonian, 2.45% hemophiliac, and 22.55% daltonian and hemophiliac. Now we solve the second part of the problem. We determine a woman's genotype by looking at her parents: $P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{aB}}$. The genotype of a man is given $P_{\text{♂}} \frac{X_{AB}Y}{X_{AB}Y}$. It is necessary to determine the percentage of births of girls and boys who suffer from both diseases. Let's build a crossing scheme: $P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{aB}} \times P_{\text{♂}} \frac{X_{AB}Y}{X_{AB}Y}$.

We fill in the Pnett square and analyze the resulting offspring. 2.45% of girls and boys will be born daltonian and hemophiliac. We answered the questions of the task (4.9 x 50 / 100% = 2.45%), now we start to desing the task.

Suppose:

XA — healthy; Xa — hemophiliac

XB - healthy; Xb - daltonian

aB K % = 9,8%

$$1. P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{AB}} \times P_{\text{♂}} \frac{X_{aB}Y}{X_{aB}Y}) \quad P_{\text{♂}} \frac{X_{AB}Y}{X_{AB}Y}$$

$$2. P_{\text{♀}} \frac{X}{X} (P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{aB}} \times P_{\text{♂}} \frac{X_{aB}Y}{X_{aB}Y}) \quad P_{\text{♂}} \frac{X_{aB}Y}{X_{aB}Y}$$

Find:

$$1. F\% - ? \quad 2. F\% \frac{X_{aB}}{X_{aB}} \times P_{\text{♂}} \frac{X_{aB}Y}{X_{aB}Y} - ?$$

Solution:

$$P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{aB}} \times P_{\text{♂}} \frac{X_{AB}Y}{X_{AB}Y}$$

F 100% - healthy; 72,55 – healthy, 2,45 – daltonian, 2,45 – hemophiliac
22,55% - daltonian and hemophiliac.

$$2. P_{\text{♀}} \frac{X_{AB}}{X_{aB}} \times P_{\text{♂}} \frac{X_{aB}Y}{X_{aB}Y}$$

F – .45% hemophiliac and daltonian

Answer: 1.F – 100% - healthy

F 72.55% - healthy

2,45% - daltonian

2,45% - hemophiliac

22,55% - daltonian and hemophiliac

2.F – 2.45% - daltonian and hemophiliac

Answer: 1. F – 100% - healthy. F72.55% - healthy; 2.45% are color blind; 2.45% - hemophiliac; 22.55% are color blind and hemophiliac. 2. F – 2.45% - color blind and hemophiliac.

89*. In solving this problem, you can use a drosophila chromosome map (Fig.11) or you need to analyze the results from the analyzing crossing. Ebony is located on the III-rd chromosome – (locus 70.7), bar (57.0) and miniature (36.1) on the other (I-chromosome), this can be seen from the results of crossing. Determining the distance between Bar and miniature: $(57 + 64) / (226 + 218 + 57 + 64) * 100 = 121/565 * 100 = 21.4\%$

Answer: chromosome III – ebony
chromosome I Bar _____ 21.4% _____ miniature

90* Let 's formalize the solution of this problem as follows:

Given:

ec – rough eyes, large facets
sc - absence of bristles
cv – prevents of supporting structures in the wings
P ♀ $\frac{ec\ sc+cv+}{ec\ sc+cv+}$ ♂ $\frac{ec+sv\ cv}{ec+sv\ cv}$
F₁ ♀ wild-type ♂ echinus
810 ec sc⁺ cv⁺
828 ec⁺ sc cv
88 ec⁺ sc⁺ cv
89 ec⁺ sc cv⁺
62 ec sc cv⁺
103 ec sc⁺ cv

Find:

Расстояние между генами (S)?

Solution:

P ♀ $\frac{ec\ sc+cv+}{ec\ sc+cv+}$ x ♂ $\frac{ec+sv\ cv}{ec+sv\ cv}$

G ec sc⁺ cv⁺ ec sc⁺ cv⁺ ec⁺ sc cv

F₁ ♀ $\frac{ec\ sc+cv+}{ec+sc\ cv}$ ♂ $\frac{ec\ sv+cv+}{ec+sv\ cv}$
wild-type echinus

Find the distance between **ec** и **sc**:

$$K = \frac{62+88}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{150}{1980} * 100 = 7,6\ M$$

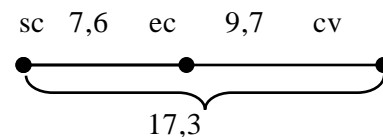
Find the distance between **sc** и **cv**:

$$K \% = \frac{88+103+62+89}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{342}{1980} * 100 = 17,3\ M$$

Find the distance between **ec** и **cv**:

$$K = \frac{89+103}{810+828+88+89+62+103} * 100 = \frac{192}{1980} * 100 = 9,7\ M$$

Now let's note the order of the genes on the conditional chromosome:



Answer:

Experiment 1: sc (7.6) ec (9.7) cv

Experiment 2: ec (10.3) cv (8.4) ct

Experiment 3: cv (8.2) ct (15.2) v

Genetic map: sc (7.6) ec (10.1) cv (8.3) ct (15.2) v

91*. The solution of the problem is formulated as follows.

Given:

O – rounded fruit
o – flat fruit
P – undescended
p – pubescent
S – single flowers
s – collected in an inflorescence
F_b (test cross)
OPS – 73
OPs – 348
OpS – 2
Ops – 96
oPS – 110

Solution:

Since the problem refers to the analyzing crossing, therefore, one of the parents is a recessive homozygote and its genotype $\frac{ops}{ops}$

The distance between genes is characterized by the frequency of crossing, which is expressed by the formula $K = a / A * 100\%$, where a is the number of crossover individuals, and A is the total number of individuals.

Find the distance between the genes:

1) $\frac{OP}{op}$, a = 2+96+110+2=210; $K = \frac{210}{1000} * 100 = 21\%$

2) $\frac{PS}{ps}$, a = 73+96+110+63=342; $K = \frac{342}{1000} * 100 = 34,2\%$

oPs – 2
 opS – 306
 ops – 63

Find:

The order of the genes and the distance between them (K%), the genotypes of the parents

3) $\frac{OS}{os}$, $a = 73+2+2+63=140$; $K = \frac{140}{1000} * 100 = 14\%$

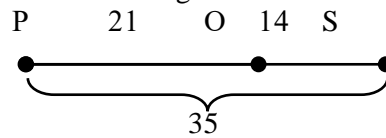
Thus, the genes in the chromosome are arranged in the following order P – O – S. But the theoretical distance between the P and S genes is $21\%+14\% = 35\%$, which does not correspond to the practical distance of 34.2%. This is possible with double crossing between the P and S genes. Now it is necessary to determine the frequency of gametes formed during double crossing by producing single crossings between P – O and O – S:

$K_2 = \frac{K_{PO} \times K_{OS}}{100\%}$; $K_2 = \frac{14 \times 21}{100\%} = 2,94\%$ - theoretically expected double crossing.

Practical crossover: $K = 35\% - 34.2\% = 0.8\%$

Then, the distance between genes P and S = $34.2\% + 0.8\% = 35\%$

The order of genes in a chromosome is depicted as follows:



Answer: 1) The order of the genes: POS.

2) The distance between genes: (PO) = 21, (OS) = 14, (PS) = 35.

3) Genotypes of the parents: ♀ $\frac{POs}{poS}$ и ♂ $\frac{pos}{pos}$

Control questions

1. What is gene linkage and crossover?
2. What is the biological significance of crossing over?
3. How is the crossover classified depending on quantity and quality?
4. How to determine the percentage of crossing over?
5. How to create a genetic map?

VI. POPULATION GENETICS

The population (from the Latin "populatio" - resident) was introduced into genetic science in 1903 by V. Johansen. The modern term population which is equally applicable to objects of both plants and animals, can be formulated as follows: a set of individuals of the same species that left offspring through reproduction over several generations, occupying a certain territory of one or more biocenoses. In general a population is a species and a simple unit of measurement of evolution.

The genetic structure of a population is the ratio and set of alleles of genes of all individuals. The genetic structure of the population also includes the concept of genetic weight – harmful alleles that natural selection has a negative effect on. The study of the genetic structure is engaged in population genetics.

In population genetics the frequency of genotypes and alleles is expressed in different ways. When solving problems, the frequency of genotypes and alleles is expressed as a single fraction, for example, 0,28 or 0,00031. Let's consider some examples of counting the frequency of genotypes and alleles with a single fraction (table – 4).

Table – 4

Various ways to determine the frequency of a genotype or allele	Calculation of the frequency expressed as a unit fraction
Out of 420 people in the study population, 84 had a dominant trait.	$84 : 420 = 0,2$
In one of the populations, people with Rh-positive blood (recessive trait) make up 15%.	$15 : 100 = 0,15$
The frequency of patients with phenylketonuria is 10^{-4} .	$10^{-4} = 1 : 10000 = 0,0001$
The prevalence of achondroplasia in European populations is 0.02 per 1000 newborns.	$0,02 : 1000 = 0,00002$
Alkaptonuria occurs with frequency 1: 100 000.	$1 : 100\ 000 = 0,00001$
The trait under study occurs at a frequency of 0,09 in a population with 30% incomplete penetrance.	$0,09 : 0,3 = 0,3$

When we study the process of evolution, we look at the genetic trends occurring in a population. Genetically evolution is a change in the frequency of genes in a known population. Therefore, population genetics can also be considered as part of evolutionary genetics.

The concept opposite of population in genetic structure is the pure line. The offspring of a self-pollinating single plant is considered a pure line.

According to the Hardy-Weinberg law, in the absence of factors of a simple evolutionary process (mutation, selection, migration and genetic drift), the frequency of genes (alleles) of a population quickly reaches a certain equilibrium and does not change during all subsequent generations. The Hardy-Weinberg law requires the following conditions:

- ✚ firstly, the number of organisms included in the population is quite large;
- ✚ secondly, so that different genotypes have the same reproductive ability;
- ✚ thirdly, the preservation of random crossing in the population.

Random crossing or panmixia refers to the free crossing of organisms belonging to a population where the frequency of all combinations of reflections is the same. Individually, for example, the AA genotype of a maternal organism can be randomly crossed by a male with the Aa, Aa or AA genotypes without any advantages. It should be understood that Panmixia persists at the level of gametes. It is believed that every female germ cell is fertilized with the same frequency of chances as any sperm.

The Hardy-Weinberg law is expressed by the formula 4. Suppose that the frequency of two-a and A-alleles in a certain population is equal to p and q.

$$p+q=1 \tag{4}$$

Gametes with the A allele occur at a frequency of p, while gametes with allele a have a frequency q. If the fusion of gametes to form a zygote occurs randomly, then the genotype AA zygote frequency is p^2 , genotype Aa zygote frequency is $2pq$, and genotype aa zygote frequency is q^2 , i.e. members of the classification of the binomial formula $(pA+qa)^2 = p^2AA+2pqAa+q^2aa$.

Homozygous genotypes of the next generation give only one type of gamete, while heterozygous genotypes give the same number of different gametes. If each individual in a population gives on average the same number of gametes, then the proportion of each gamete depends on the frequency of the different phenotypes in the population, therefore

$$A\text{-fraction of the gamete: } p^2 \times 1/2(2pq) = p(p+q) = p$$

$$a\text{-gamete fraction: } q^2 + 1/2(2pq) = q(p+q) = q$$

Hence, the frequency of gametes A and a, which is corrected in free crosses after one generation, when there is no effect of selection or mutation, is equal to the frequency of gametes, giving rise to this population. It follows that the ratio of genotypes does not change in subsequent generations. The following conclusion follows from the Hardy-Weinberg law: if the initial male and female individuals of a population have the same allele frequency, then at random crossing the equilibrium frequency of any genotypes is realised in the volume of one generation.

Using the Hardy-Weinberg formula, the genetic structure of a population can be analysed. The frequency of homo- and heterozygous genotypes in a population for a dominant trait can be calculated using the Hardy-Weinberg formula, using the number of recessive homozygous individuals (aa), the phenotype of which is clearly visible.

Genetics problems

92.* For example, in a population of 5000 sheep, 2 blind lambs were born. It is easy to guess that the defect is the effect of a recessive gene, i.e. the genotype of the blind lambs is aa. Using the Hardy-Weinberg formula, we find the frequency of this genotype in the flock.

$$q^2 aa = naa : N = 2 : 5000 = 0,0004.$$

Now we can find the frequency of the recessive gene: $qa = 0.02$. To determine the frequency of the dominant gene use the equation $p+q=1$:

$$pa = 1 - qa = 1 - 0,02 = 0,98.$$

Since the frequency of both alleles is known, we determine the theoretical genetic structure of the population at the locus we are studying using the Hardy-Weinberg formula:

$$AA = p^2 = 0,98^2 = 0,9604 \text{ (95,04\% или 4802 animal units)}$$

$$Aa = 2pq = 2 \times 0,98 \times 0,02 = 0,0392 \text{ (3,92\% или 196 animal units)}$$

$$aa = q^2 = 0,02^2 = 0,0004 \text{ (0,04\% или 2 animal units)}$$

To check the accuracy of the calculation, we need to add the frequency of genotypes.

The calculation is considered correct if their sum is equal to 1. In our example, the number of heterozygous animals with the gene of the genetic defect is 196.

The ratio of genotypes by three allelic loci (let's call them A_1, A_2, A_3 , denote the frequencies p, q and r) is distributed as follows:

$$(pA_1 + qA_2 + rA_3)^2 = p^2 A_1A_1 + q^2 A_2A_2 + 2pA_1qA_2 + 2pA_1rA_3 + 2qA_2rA_3$$

The ratio of genotypes here corresponds to the Hardy-Weinberg law $p+q+r=1$ или $(p+q+r)^2=1$.

To understand the determination of the frequency of genes in three allelic loci, let's take as an example the human ABO blood group system.

93*. Suppose the following blood group frequencies were observed in any population:

$$A \text{ (II-blood group. Genotype AA and AO)} = 0.43$$

$$B \text{ (III-blood group. Genotype BB and BO)} = 0.17$$

$$AB \text{ (group IV. Genotype AB)} = 0.04$$

$$O \text{ (I-blood group. Genotype OO)} = 0.36$$

We denote the frequency of alleles A, B and O through p, q and r . Then according to the Hardy-Weinberg law, the frequency of the recessive OO genotype will be equal to r^2 , hence $r = \sqrt{0,36} = 0,60$.

The total frequency of the third and first blood groups should be equal to $(q+r)^2$. Therefore, $(q+r)^2 = 0.17 + 0.36 = 0.53$, hence, $q+r = 0.53 = 0,73$. We know that $r = 0.60$, so the frequency of allele B will be equal to 0.13 ($q = 0.73 - 0.60$). The frequency of A is allele A, $p = 1 - (q+r) = 1 - 0.73 = 0.27$. $pA + qB + rO = 0.27 + 0.13 + 0.60 = 1.00$.

Another conclusion from the Hardy-Weinberg law is that rare alleles are present in the population mainly in a heterozygous, and not in a homozygous state. The frequency of the recessive allele in the population is q , the frequency of recessive alleles in heterozygotes is pq (half of $2pq$), and in homozygotes - q^2 . The ratio of the first frequency to the second is $pq/q^2 = p/q$. This value for small values of q is approximately $1/q$. Thus, the lower the frequency of the allele, the greater the proportion of this

allele is present in the population in a heterozygous state. An example of this is the prevalence of albinism and alkaptonuria in the human population.

94.* The frequency of recessive gene of albinism is approximately 0.01.

Frequency of people with albinism $q^2 = 0,0001$, i.e. one in 10 thousand, and the frequency of heterozygote is $2pq$ or about 0.02

$$(q_a = \sqrt{0.0001} = 0.01, p_A = 0.99, A_a = 2pq = 2 \times 0.99 \times 0.01 = 0.0198).$$

Therefore, the frequency of occurrence of gene of albinism in heterozygotes (equal to half the frequency of heterozygotes: $2pq/2 = 0.01$) is 100 times higher than in homozygotes (0.0001).

95.* The frequency of people suffering from alkaptonuria (aa genotype), equal to 0.000001, i.e. 1 to 1 mln. The frequency of heterozygotes is equal to $Aa = 0.002$, and the frequency of the recessive allele is equal to 0.001. Consequently, the number of alkaptonuria genes in heterozygotes is approximately 1000 times greater than in homozygotes.

The Hardy-Weinberg law allows to calculate the expected (or theoretical) frequency of genotypes.

96.* Suppose that 500 Adai horses were split at the hemoglobin locus in the following ratio: 255AA : 230 AB : 15 BB. Due to the phenomenon of codominance in the inheritance of hemoglobin type, that is, the genotypes HbAA, HbAB and HbBB formed by the HbA and HbB alleles can be easily distinguished from each other by phenotypes. Consequently, the allele frequency (p_A, q_B) can be determined by the number of phenotypes:

$$p_A = 2AA + AB / 2N = 2 \times 255 + 230 / 2 \times 500 = 0.74$$

$$q_B = 2BB + AB / 2N = 2 \times 15 + 230 / 2 \times 500 = 0.26$$

$$\text{или } q_B = 1 - p_A = 1 - 0.74 = 0.26.$$

From allele frequencies, we determine the theoretical frequency distribution of horses by hemoglobin type genotypes:

$$AA = Np_A^2$$

$$2 = 500 \times 0,74^2 = 273,8 \text{ особей (54,76\%)}$$

$$AB = N \times 2p_A q_B = 500 \times 2 \times 0,74 \times 0,26 = 192,4 \text{ особей (38,48\%)}$$

$$BB = Nq_B^2$$

$$B = 500 \times 0,26^2 = 33,8 \text{ особей (6,76\%)}$$

Hence we can conclude that based on the Hardy-Weinberg law, if the population is not affected by simple evolutionary factors, the frequency of genotypes ($AA=0,5476$; $AB=0,3848$ and $BB = 0,0676$) will remain unchanged in the next generations. Visual comparison of the actual frequency of the population genotype ($AA=255$; $AB=230$; $BB=15$) and its theoretical frequency ($AA=273$; $AB=192,4$; $BB=33,8$ individuals) shows that there is a difference between them. Hence, genetic equilibrium was not observed in the population for the locus under study.

To determine whether a population is in genetic equilibrium (according to the Hardy-Weinberg law) or not (according to the influence of evolutionary factors), two different methods are used. The first one is based on the following formula:

$$p^2 AA \times q^2 aa$$

$$2 = (2p_A q_B / 2)^2$$

If, $p^2 AA \times q^2 aa = (2p_A q_B / 2)^2$ then such a population is in genetic equilibrium, and $p^2 AA \times q^2 aa \neq (2p_A q_B / 2)^2$, then the population has an altered gene balance of the locus under study.

Analysis of the values of our example in this formula shows:

$$p^2$$

$$AA = 255/500 = 0,51;$$

$$2p_A q_B = 230/500 = 0,46;$$

$$q^2$$

$$\text{if } BB = 15/500 = 0,03,$$

$$\text{then } p^2$$

$$AA \times q^2$$

$$BB = (2p_A q_B / 2)^2 = 0,51 \times 0,03 = (0,46/2)^2$$

that is $0,0153 \neq 0,05297$. Since the left part of the equation is not equal to the right part, it is considered that there is no genetic equilibrium in the hemoglobin locus in this population.

If we analyze the values of the theoretical frequency of genotypes of a population obtained by random crossing (from a panmixed population) in the absence of the influence of evolutionary factors, we can see that the genetic structure of such a population is in full compliance with the Hardy-Weinberg law:

If $0.5476 \times 0.0667 = (0.3848 / 2)^2$, then $0.0370 = 0.0370$, both parts of the equation are equal, i.e. in such a population the genetic equilibrium at the hemoglobin locus is preserved.

The second method of determining the coincidence of the frequency of the actual population and its theoretical frequency, i.e., the genetic equilibrium of the population at the studied genetic locus, is based on the *chi-square* method.

97.*For example, suppose in an initial population of 8000 individuals, the frequency of allele A is 0.6 (p), and the frequency of its recessive allele is 0.4 (q). First, the retention (λ) of different genotypes after selection should be calculated. To do this, divide the number of individuals after selection by the number of individuals before selection for each type of genotype:

$$\lambda_{AA} = 2448 : 2880 = 0.85;$$

$$\lambda_{Aa} = 2726 : 3840 = 0.71;$$

$$\lambda_{aa} = 678 : 1280 = 0.53.$$

Although the loss of the recessive genotype (-602) is much less than the heterozygous genotype (-1114), it should be noted that the degree of conservation is low.

98*.Calculation of adaptability of population genotypes

All genotypes: AA Aa aa

Number of population

$$N \times p^2 \quad N \times 2pq \quad N \times q^2$$

$$\text{Before selection } 8000 \times 0.6^2 = 2880 \quad 8000 \times 2 \times 0.6 \times 0.4 = 3840 \quad 8000 \times 0.4^2 = 1280$$

$$\text{After selection } 2448 \quad 2726 \quad 678$$

$$\text{Loss } -432 \quad -1114 \quad -602$$

$$\text{Conservation } \lambda \quad 0.85 \quad 0.71 \quad 0.53$$

The mortality rate of individuals in any natural population is always different. For example, the number of white antelopes that die during drought exceeds normal conditions. To describe the adaptability of a genotype, the conservation rate (λ) of each genotype is divided by the conservation rate of the genotype that is the highest.

In our example:

$$W_{AA} = 0.85 / 0.85 = 1.00;$$

$$W_{Aa} = 0.71 / 0.85 = 0.83;$$

$$W_{aa} = 0.53 / 0.85 = 0.62.$$

The value of relative adaptability indicates the direction of selection and therefore the way in which gene frequencies change. However, it cannot describe population dynamics because it is a relative value, and nothing can be said about an increase or decrease in population size from its value. Note that the least lethal genotype has a propensity of 1, but this does not mean that this genotype will not die. This shows that only the AA genotype is less likely to die than other genotypes.

The selective advantage of a particular allele over its alternative allele can be expressed as a percentage or as a selection coefficient (s). The numerical value of the selection coefficient is determined by the relative frequency of the alternative allele. Its value varies from 0 to 1: $s = 1 - W$

In our example:

$$s_{AA} = 1 - W_{AA} = 1 - 1 = 0;$$

$$s_{Aa} = 1 - W_{Aa} = 1 - 0.83 = 0.17;$$

$$\text{и } s_{aa} = 1 - W_{aa} = 1 - 0.62 = 0.38$$

The frequency of the new allele (a) resulting from mutation or migration will initially be lower. Since it has some selective advantage over the original allele (A), the frequency of the new allele increases and the frequency of allele A decreases due to selection. The population may even switch completely from allele A to allele a. The rate of change in allele frequency is directly proportional to the value of S , that is, when the selection coefficient is high, the increase in frequency of the new allele is faster, and when the coefficient is low, it is slow.

Define the following key words and concepts: population genetics, pure line, inbreeding depression, Hardy-Weinberg law, outcrossing, panmixis, evolutionary factors, mutational process, migration, selection, gene drift, natural selection, Darwinian or comparative adaptation.

Tasks solutions

98.* An analysis of a population has shown that the frequency of individuals with an autosomal recessive trait is 0.04. What is the frequency of heterozygotes in this population?

Let's use the Hardy-Weinberg law:

$$p + q = 1$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$1) q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,04} = 0,2$$

$$2) p = 1 - q = 1 - 0,2 = 0,8$$

$$3) 2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32$$

Given:

$$0,04 = q^2$$

Find:

$$2pq$$

Solution:

$$p + q = 1$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$1) q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,04} = 0,2$$

$$2) p = 1 - q = 1 - 0,2 = 0,8$$

$$3) 2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32$$

Answer: $2pq=0,32$

99.* Albinism in oats is inherited as an autosomal recessive trait. In a plot of 84000 plants, 210 plants were albino. Determine the frequency of albinism gene in oats.

Solution: Due to the fact that albinism in oats is inherited as an autosomal recessive trait, all albino plants will be homozygous for the recessive gene - aa. Their frequency in the population (q^2) is equal to $210/84000 = 1/400 = 0.0025$. The frequency of recessive gene a will be equal to $\sqrt{0.0025}$. Hence, $q = 0.05$.

Given:

A-healthy

a-albinism

Total: 84,000 plants

aa=210 albinism

Find:

q-?

Answer: $q = 0.05$.

Solution:

$$q^2 = 210/84000 = 1/400 = 0,0025$$

$$a- q = \sqrt{0,0025} = 0,05$$

100. Albinism in maize is inherited as an autosomal recessive trait. In some maize varieties, albino plants occur at a frequency of 25:10000. Determine the frequency of the albinism allele in these maize varieties.

101. On an island 10000 foxes were shot, of which 9991 ginger and 9 white individuals were found. The ginger colour dominates over the white colour. Determine the percentage of ginger homozygous, ginger heterozygous and white foxes.

102.* In cattle, red colouring is incompletely dominant over white (hybrids have roan colouring). There are 4169 red, 756 white and 3780 roan animals in the district. Determine the allele frequency of red and white colouring of cattle in the area.

Answer:

If the gene for red color of animals is denoted by A and the gene for white color animals is denoted by a, then the genotype in red animals will be AA (4169), in roan Aa (3780) and in white animals it will be aa (756). The total number of animals recorded is 8705. We can calculate the frequency of homozygous red and white animals in fractions of one. The frequency of white animals will be $756 : 8705 = 0.09$. Hence $q^2 = 0,09$. The frequency of recessive gene $q = \sqrt{0.09} = 0.3$. The frequency of gene A will be $p = 1 - q$. Hence, $p = 1 - 0.3 = 0.7$. **Answer:** $p = 0.7$, gene $q = 0.3$.

103. Albinism (lack of melanin in the skin) is inherited as a recessive autosomal trait. The incidence of the disease is 1:20,000. Calculate the number of heterozygotes in the population.

104. Alkaptonuria is characterised by cartilage staining and rapid darkening of urine. It is inherited as an autosomal recessive trait and the disease occurs with a frequency of 1: 100000. Calculate the frequency of homozygous carriers of the dominant allele in this population.

105.* In humans, albinism is an autosomal recessive trait. The disease occurs with a frequency of 1:20000. Determine the frequency of heterozygous carriers of the disease in the neighbourhood.

Answer:

Albinism is inherited recessively. The value of 1:20000 is q^2 . Hence, the frequency of gene a will be: $q = \sqrt{1/20000} = 1/141$. The frequency of gene p will be: $p = 1 - q$; $p = 1 - 1/141 = 140/141$. The number of heterozygotes in the population is $2pq$.

$$2pq = 2 \times (140/141) \times (1/141) = 1/70.$$

We get this number as a percentage of 1.4%.

106.* The Kidd blood type is determined by two genes: I_k^a and I_k^b . Persons carrying the I_k^a gene are Kidd-positive. The frequency of the I_k^a gene among the population of Krakow is 0.458. The frequency of Kidd-positive people among Africans is 80%. Determine the genetic structure of the population of Krakow and blacks according to the Kidd system.

Answer:

In the conditions of the problem the frequency of the dominant gene is given by the blood group system among the inhabitants of Krakow: $p = 0.458$. Then the frequency of recessive gene $q = 1 - 0.458 = 0.542$. The genetic structure of the population consists of homozygotes for the dominant gene - p^2 , heterozygotes $2pq$ and homozygotes for the recessive gene q^2 . Hence $p^2 = 0.2098$; $2pq = 0.4965$; $q^2 = 0.2937$.

Having recalculated it in %, we can say that in the population of persons with genotype $I_k^a I_k^a$ 20,98%; $I_k^a I_k^b$ 49,65%; $I_k^b I_k^b$ 29,37%.

For blacks in the conditions of the problem the number of Kidd-positive persons having in genotype the dominant gene $I_k^a I_k^a$ и $I_k^a I_k^b$ is given, i.e. $p^2 + 2pq = 80\%$, or in fractions of unit 0.8. From here it is easy to calculate the frequency of Kidd-negatives having genotype $i_k i_k$: $q^2 = 100\% - 80\% = 20\%$, or in fractions of a unit: $1 - 0.8 = 0.2$.

Now we can calculate the frequency of recessive gene I_k^b , $q = \sqrt{0.2} = 0.45$. Then the frequency of the dominant gene I_k^a will be $p = 1 - 0.45 = 0.55$. The frequency of homozygotes for the dominant gene (p^2) is 0.3 or 30%. The frequency of $I_k^a I_k^b$ heterozygotes ($2pq$) is 0.495, or approximately 50%.

107. Congenital hip dislocation is dominantly inherited, with an average penetrance of 25%. The incidence of the disease is 6:10000 (1968). Determine the number of homozygous individuals for the recessive gene.

Answer: The genotypes of individuals with congenital hip dislocation are AA and Aa (dominant inheritance). Healthy individuals have the genotype aa. From the formula $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, it is clear that the number of individuals homozygous for the recessive gene (aa) $q^2 = 1 - (p^2 + 2pq)$. However, the number of patients given in the problem (6 : 10,000) does not represent $p^2 + 2pq$, but only 25% of the carriers of gene A, and the true number of people with the gene is four times as large, i.e. $\frac{p^2 + 2pq}{4}$.

Therefore, $p^2 + 2pq = \frac{4 \times 6}{10000} = \frac{24}{10000}$. Then q^2 (the number of individuals homozygous for the recessive gene) is $q^2 = 1 - \frac{24}{10000} = \frac{9976}{10000} = 99,76\%$.

108. Gout is determined by a dominant autosomal allele of the gene. The gene has a penetrance of 20% in males and 0% in females. Determine the genetic structure of a population if approximately 190 people among 10,000 inhabitants have gout.

Given:

Gout A

Normal a

Penetrance at ♂ = 20%

Penetrance at ♀ = 0%

Number of residents = 10,000 people

Number of residents with gout = 190 people

Find:

q-?

Solution:

1) Find the percentage of gout occurrence in this population:

$$190 / 10\,000 = 0,019 \text{ или } 1,9\%$$

2) Since the penetrance of this trait in men is

$$20\%, \text{ so } 1.9\% \times 5 = 9.5\%$$

3) Since male and female sexes are inherited by 50% each, the number of people with genotypes AA and Aa will be:

$$9,5\% \times 2 = 19\%$$

4) Determine the number of people with genotype aa:

$$100\% - 19\% = 81\% \text{ or } 0.81 \text{ (this corresponds to the value } q^2)$$

5) Find q and p:

$$q = \sqrt{0,81} = 0,9$$

$$p = 1 - q = 1 - 0,9 = 0,1$$

6) We calculate the frequencies of occurrence of the dominant phenotypes AA and Aa:

$$AA (p^2) = (0,1)^2 = 0,01 = 1\%$$

$$Aa (2pq) = 2 \times 0,1 \times 0,9 = 0,18 = 18\%$$

Answer: in this population, genotypes occur as follows: AA-1%; Aa – 18%; aa – 81%.

109. When crossing homozygous yellow and gray *Drosophila* fruit flies, the following results were obtained:

Parents	Offspring
Gray female x Yellow male	All gray
Yellow female x Gray male	All males are yellow All females are gray

Which of the following statements is correct?

- A. Alleles that determine gray and yellow body color are codominant
- B. Allele determining gray body color - linked to the X chromosome and recessive
- C. The allele that determines yellow body color is linked to the X chromosome and is dominant
- D. The allele that determines the gray color of the body is linked to the X chromosome and is dominant**
- E. The allele that determines yellow body color is localized in the autosome and is recessive

108. A human breeding minks allowed them to mate freely. He found that on average, 9% of his minks had hard fur, which brought in less income when sold. So he decided to focus on soft fur and did not allow minks with hard fur to mate. The hard fur trait is inherited as an autosomal recessive allele. What percentage (theoretically) of minks with hard fur will he get in the next generation? (Answer: 5.3%).

Control questions

1. The Hardy-Weinberg Law and its significance
2. Genetic structure of the population
3. Frequency of genotypes and alleles in population genetics
4. Evolution in genetic terms - a change in the frequency of genes in a certain population
5. Analysis of the genetic structure of the population using the Hardy-Weinberg equation.

VII. HUMAN GENETICS

Human genetics is a fundamental and applied science. All patterns of heredity and variability considered by the science of genetics are also inherent in humans. This is because he also belongs to *Homo sapiens*. In terms of heredity and variability, humans do not differ significantly from other animals. In all cases, a hereditary trait is passed on from generation to generation through genes present on the chromosome. The difference between humans and animals is that they have consciousness and a secondary signaling system, and therefore their ability to adapt to the external environment is also highly probable. Since humanity as a whole lives in society, social factors also play a role in its evolutionary development. The peculiarity of man as a genetic object lies in the presence of many contradictions that complicate the study of his genetics. These include: late puberty, a small number of descendants in each family; the inability to balance the environment of all descendants, the presence of a large number of chromosomes, the inability to experiment on a person, and the main contradiction is that there are social characteristics such as nationalism, racism that hinder the development of some hereditary human traits such as abilities and behavior.

Methods for studying human heredity

Methods for studying the heredity of human genetics include: genealogical, cytogenetic, twin, ontogenetic, population and biochemical methods.

Genealogical method. The basis of this method is the study of the inheritance of various characteristics, traits or diseases that a person has, based on his origin. To create a pedigree, you need to know the symbols of the family tree (Figure 12). To do this, information is collected on the trait being studied over several generations from the paternal and maternal sides, and a genealogical diagram is drawn up on its basis. Some properties and characteristics can be transmitted to any generation, that is, they are inherited according to a dominant type and obey Mendel's laws. These include: polydactyly (extra fingers), facial freckles, cataracts, black hair, etc. According to the genealogical method, some human abilities, such as the ability to play music and speak eloquently, were in the family of the famous composer I. Bach.

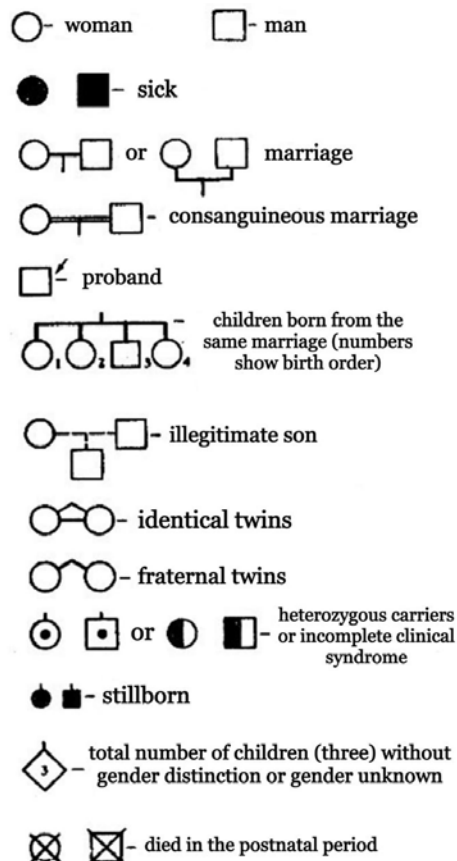


Figure 12. Basic symbols adopted for the compilation and analysis of pedigrees

The genealogical method has established that many diseases are inherited from generation to generation, and one of them is hemophilia. A genealogical diagram of the dynasty of Queen Victoria of England has been compiled for this disease. Victoria and her husband, as well as their ancestors, did not suffer from hemophilia. But one of Victoria's parents must have had a germ cell mutation. In this regard, Queen Victoria became a carrier of the hemophilia gene and passed it on to many of her descendants, that is, all male descendants who received an X chromosome with a mutant gene from Victoria suffered from hemophilia. The main goal of the genealogical method is to create a genealogical model based on the collected data and analyze it. The person who begins the genealogy is called a proband. His/her brothers and sisters are called sibs.

Cytogenetic method. Using this method, a cytogenetic analysis of the karyotype or set of chromosomes of a healthy or sick person is performed. Using this method for the first time in 1956, J.H. Tijo. and A. Levan discovered that under normal conditions, human body cells contain 22 pairs of autosomes and one pair of sex chromosomes. It has been shown that in a man the sex chromosome is heteromorphic (XY), and in a woman it is homomorphic (XX), as mentioned earlier in the topic of gender genetics. The use of this method made it possible to observe chromosomal changes occurring in the cells of the human body and germ cells. Such changes cause the birth of various diseases. Therefore, the cytogenetic method is used in medicine for diagnostic purposes.

Twin method. Twins are a common phenomenon among people. There are two types: monozygotic and dizygotic twins. Identical twins are the development of two zygotes resulting from the fertilization of one egg by one sperm. Such twins are always identical because they have the same genotype. Twins resulting from the simultaneous fertilization of two eggs by two different sperm may not look very similar to each other. This is because the combination of genes is different in different eggs and sperm. Among them, identical twins are convenient material for studying the most important general biological problem or the influence of heredity and the external environment on the development of traits. For example, this method can determine the importance of education and training for the development and formation of a person's innate ability. In addition, the twin method helps to determine a person's predisposition to certain hereditary diseases (schizophrenia, epilepsy, hemophilia, etc.).

Ontogenetic method. Using this method, it is determined whether hereditary changes occur during ontogenesis or personal development of a person. Some hereditary diseases can be observed not only in homozygous organisms with the recessive genes responsible for them, but also in heterozygous ones. For example, the disease schizophrenia is determined by a recessive gene, and it is known only if the patient receives such a gene from both parents, that is, he is a recessive homozygote (aa). And in the case of heterozygosity (Aa), this person should not be ill. But sometimes in ontogenesis such a person is faced with a tragic situation, and under stress he may develop a disease. Thus, the value of the ontogenetic method is to insure future generations from severe consequences by identifying recessive genes that carry a certain disease in ontogenesis.

Population method. Using this method, the frequency of the spread of various hereditary changes in the human population is studied. The prevalence of hereditary genotypic changes in various human populations is different. For example, in the Marianas and Guam, mortality from multiple sclerosis is 100 times higher than in other countries. Similarly, out of 2000 inhabitants of a village located on the banks of the Rhone River, 199 in Switzerland, 50 are deaf-mutes, 200 are deaf. This is due to the fact that due to the lack of migration, individual families and relatives cannot spread and reproduce, so the number of genes that carry certain hereditary diseases increases.

Biochemical method. This method has recently been widely used in the study of human genetics. Various hereditary changes in humans are directly related to a violation of cellular metabolism. These are proteins, nucleic acids, carbohydrates, fats, etc., which are part of this cell directly related. For example, if there is a change in the DNA molecule, then the gene has changed. Because the gene itself is made up of this DNA, and such a change is hereditary. The biochemical method is of great practical importance. For example, the parents of a child can be accurately determined by DNA analysis. This method is now also used in archaeological research.

Genetics problems

111.* Proband (indicated by the arrow) suffers from night blindness. His two brothers are also ill. There were no persons suffering from night blindness in the proband's father's line. The mother of the proband is sick, two sisters and two brothers of the mother of the proband are healthy. They only have

healthy children. On the maternal side, it is further known; grandmother is sick, grandfather is healthy; one grandmother's sister is sick, and the other is healthy; great-grandfather (grandmother's father) suffered from night blindness, great-grandfather's sister and brother were sick; great-great-grandfather is sick, his brother, who has a sick daughter and two sick sons, is also sick. Proband's wife, her parents and relatives are healthy.

Determine the probability of the birth of sick children in the proband family.

The problem is solved by drawing up a family tree diagram (Figure 13) and analyzing it. Pedigree analysis shows that this form of night blindness is inherited as a dominant autosomal trait - A. Therefore, proband has the genotype – Aa (his father is healthy, the genotype of his father is aa). Proband's wife is healthy, her genotype is aa. Knowing the genotypes of the spouses, it is not difficult to decide that the probability of having healthy and sick children in the proband's family is equal – 50%.

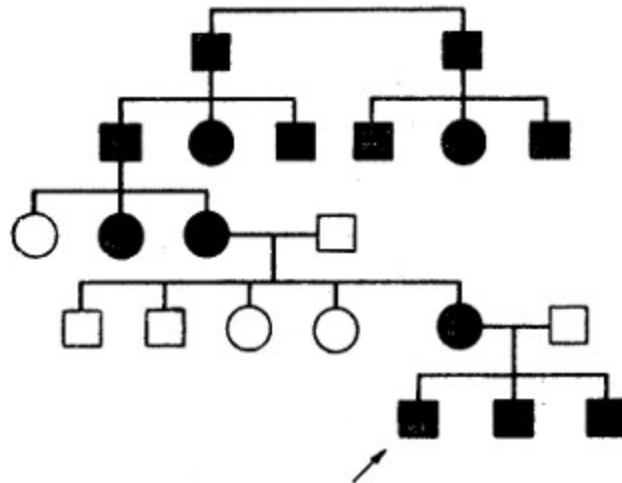


Figure 13. Pedigree tree for problem 111*

112. The proband has a white curl in his hair above his forehead. The proband's brother without a curl. There were no anomalies in the proband's father line. The proband's mother with a white curl. She has three sisters. Two sisters with a curl, one without a curl. One of the proband's aunts on the mother's side has a son with a curl and a daughter without a curl, the second has a son and a daughter with a curl and a daughter without a curl. The third proband's aunt from the mother's side without a curl has two sons and one daughter without a curl. Proband's maternal grandfather and two of his brothers had white curls, and two more were without curls. Great-grandfather and great-great-grandfather also had a white curl over their forehead.

Determine the probability of having children with a white curl over the forehead in case proband marries his cousin who has this curl.

113. The newlyweds normally use their right hand. In the woman's family there were two more sisters who normally use the right hand, and three left-handed brothers. The woman's mother is right-handed, her father is left-handed. The father has a left-handed sister and brother and a right-handed sister and two brothers. The grandfather on the father's side is right-handed, the grandmother is left-handed. The woman's mother has two brothers and a sister – all right-handed. The husband's mother is right-handed, the father is left-handed. Grandparents from the mother's side and the husband's father normally owned the right hand. Determine the probability of having left-handed children in this family.

114. Both spouses are heterozygous for albinism. They gave birth to fraternal twins. What is the probability that they are both albinos?

A) 25 % B) 50 % C) 75 % D) 100 % E) 12,5 %.

115. Heterozygous organisms (Aa, Cc, Bb). How many gametes are formed?

A) 1 B) 2 C) 3 204 D) 4 E) 6

116. It is known that the presence of six fingers in humans is determined by the dominant gene, and the presence of five fingers is determined by the recessive gene. A five-fingered woman married a heterozygous six-fingered man. What is the probability that there is a child with six fingers in the family?

A) 25 % B) 50 % C) 75 % D) 100 % E) 12,5 %

117. Is it possible to have children with five fingers in a family where both spouses are homozygous for polydactyly?

A) yes B) no C) partially possible D) partially impossible E) there is no correct answer

118. If two identical twin girls marry two male twins, will the children born from them be similar to each other?

A) yes B) no C) partially possible D) partially impossible E) there is no correct answer

119. A brown-eyed man married a blue-eyed girl. Brown eyes are the dominant feature. They will give birth to 8 brown-eyed children. Determine the genotype of the children in this family.

A) AA B) Aa C) aa D) Aa aa E) AA AA

120. A brown-eyed right-handed married a blue-eyed right-handed. Their first child was left-handed with blue eyes. What is the genotype of this child?

A) AaBb B) AAbb C) aaBB D) aaBb E) aabb

121. In humans, the hypophosphagemia gene is located on the X chromosome. A man suffering from this disease marries a healthy woman. How many of their sons are sick?

A) one of two C) one of four C) one D) one of three E) are not sick

122. A man with a hereditary disease marries a healthy woman. They have 8 children: 4 daughters and 4 sons. All the daughters were sick, and the sons were healthy. How is the disease inherited?

A) autosomal recessive B) autosomal dominant C) linked to the X chromosome D) dominant linked to the X chromosome E) recessive linked to the X chromosome.

123. In humans, the disease of night blindness is inherited as a dominant feature. What is the probability of having a sick child in a family with a healthy mother and a sick father?

A) 25% B) 50% C) 75% D) 100% E) 12,5%

124. The disease of night blindness in humans is inherited as a dominant feature. If the mother is healthy and the father is heterozygous for this disease, what is the probability of having a sick child in the family?

A) 25% B) 50% C) 75% D) 100% E) 12,5%

125. The blood group of a child is, and his sister's is fourth. Determine the blood groups of their parents. A) I and II B) I and IV C) II and III D) I and III E) III and IV

126. This method is based on the study of the inheritance of various traits and properties or diseases in humans, depending on their origin:

A) geneological method B) twin method C) population method D) cytogenetic method E) biochemical method.

127. A new branch of genetics that studies diseases that develop as a result of the genetic predisposition of people when using certain drugs:

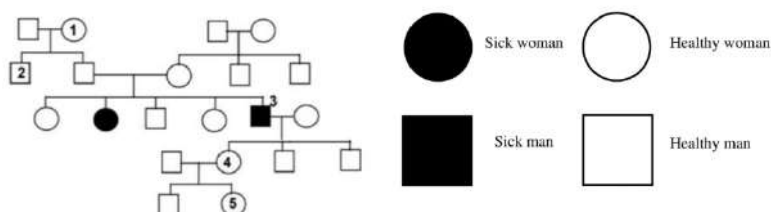
A) new genetics B) pharmacogenetics C) medical genetics D) ecogenetics E) paratypic genetics.

128. Observation of the genetic basis of psoriasis and diabetes mellitus:

A) the frequency of the disease is significantly higher in monozygotic twins than in diheterozygous twins B) the frequency of the disease is significantly higher in diheterozygous twins than in diheterozygous C) discordance is high in monozygotic twins D) concordance is high in dizygotic twins E) concordance is low in monozygotic twins.

129. Proband has a congenital cataract. He is married to a healthy woman and has a sick daughter and a healthy son. Proband's father has cataracts, and his mother is healthy. Proband's mother has a healthy sister and healthy parents. The grandfather on the father's side is sick, and the grandmother is healthy. Proband has a healthy aunt and uncle on his father's side. The uncle is married to a healthy woman. Their three sons (proband's cousins on his father's side) are healthy. What is the probability of a proband's daughter having sick grandchildren in her family if she marries a man who is heterozygous for cataracts of this type?

130. Here is the genealogy of a family affected by a certain disease. This disease exhibits complete penetrance and occurs in 25% of the population.



Indicate the **CORRECT** and **INCORRECT** statements about this genealogy:

- A) This genealogy is inherited by coupling with the X chromosome **H**
- B) The genotype of organism number 4 is heterozygous **B**
- C) The probability that organism number 5 is a carrier is $\frac{2}{3}$ **H**
- D) The probability that organism number 1 is a carrier is $\frac{2}{3}$ **B**

Control questions

1. Features of a person as a genetic object.
2. Methods for studying human heredity.
3. The genealogical method is based on the study of a person's heredity based on his origin.
4. Common hereditary human diseases.
5. Achievements of research in the field of human genetics.

GLOSSARY

A dominant gene is an allele that determines the manifestation of a trait in the homo- and heterozygous state. In this case, the trait is called dominant.

A gene is a section of DNA (deoxyribonucleic acid) that encodes information about the hereditary properties of an organism.

A heterozygous organism is an organism in which the genes for a particular trait are represented by two different alleles.

A homozygous organism is an organism in which both alleles of a particular gene are the same.
A pure line (breedings, hybrids, strains) is a homozygous set of genes for one or more alleles; when plants self-pollinate or cross-pollinate, traits are split.

Allelic genes are different forms of the same gene located at corresponding places on chromosomes.

An autosome is any chromosome that is not a sex chromosome.

Biological progress is the process of change and improvement in biological organisms, species and populations over time.

Biological regression is the reverse process to biological progress, where organisms and species lose their adaptive characteristics and revert to more primitive forms.

Chromatin is a complex structure composed of DNA, proteins and RNA that forms chromosomes.

Chromoplast is a type of plastid or organelle that contains pigments and is responsible for the synthesis and accumulation of pigments in plant cells. They play an important role in color formation and color maintenance in plants.

Chromosome is a structural element of the cell nucleus that contains a specific set of genes.

Codominance (independent manifestation) is a phenomenon when both alleles participate in the formation of a trait in a heterozygous organism.

Complete dominance is a phenomenon when a dominant gene completely suppresses the work of a recessive gene, resulting in the development of a dominant trait.

Conjugation is a genetic process that occurs in some bacteria and protists that allows them to exchange genetic material between each other. During the process of conjugation, two organisms form a temporary structure called a pilus through which DNA is transferred.

Cross-hybridization is the process by which homologous chromosomes cross into each other during meiotic division and exchange their respective counter parts.

Cytology is the science that studies cells, their structure, functions and processes within them.

Cytoplasm is the obligatory part of the cell enclosed between the plasma membrane and the nucleus.

Dihybrid cross is the crossing of parental individuals differing in two pairs of alternative traits and, respectively, in two pairs of allelic genes.

Embryology is the science that studies the development of the embryo (the initial stage of development of an organism after fertilization of the egg).

Eukaryotes are organisms that have cells with a nucleus that contains genetic information.

Gametes, or germ cells are specialized cells that participate in the process of reproduction and fusion to form a new organism.

Genome is the complete set of genetic information contained in the cells of an organism.

Genotype is the genetic information contained in the cells of an organism that determines its inherited traits and characteristics.

Hemophilia is a genetic blood clotting disorder that results in an increased tendency to bleed.

Heredity is the transmission of genetic information from parents to offspring. Heredity is carried out through chromosomes, which contain genes - sections of DNA that code for specific proteins and determine our physical and biological properties.

Heterosis is a property of organisms that is characterized by increased endurance and strength in first generation offspring compared to the parents.

Homologous chromosomes are a pair of chromosomes of approximately equal length, with the same centromere position and giving the same pattern when stained.

Incomplete dominance is a phenomenon when a dominant gene does not completely suppress the work of a recessive gene, resulting in the development of an intermediate trait.

Monohybrid cross is the crossing of individuals that differ from each other by only one pair of alternative traits.

Mutation is a change in the genetic structure of an organism that can affect its phenotype (external characteristics and functions).

Phenotype is a set of external and internal features of an organism acquired as a result of ontogenesis (individual development).

Polyhybrid cross is the crossing of individuals differing in several pairs of alternative traits and, accordingly, in several pairs of allelic genes.

Reproduction is the ability of organisms to reproduce and pass on their genetic characteristics to their offspring.

Sex chromosomes are the pair of chromosomes that determine the sex of an organism.

The gene pool is the set of all genetic materials (genotypes) in a population or species that are passed from generation to generation.

The hybridological method is a method used in genetics and breeding that involves crossing two different genotypes or species to produce hybrid offspring.

The nucleolus is a small structure that is located inside the nucleus. It is responsible for the synthesis of ribosomes, small organelles that play a key role in the process of protein synthesis.

The nucleus is a membrane organoid that contains the cell's genetic information in the form of DNA.

Variability is the ability of organisms to acquire new traits.

REFERENCE LIST

1. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика в 3-х томах (пер. англ.). Москва: Мир, 1981.
2. Алиханян С.И., Акифьев А.П., Чернин Л.С. Общая генетика. Учебник для вузов. Москва: Высшая школа, 1985.
3. Audarbaeva D.K., Myhambetzhanov K.K. and others. Genetics. Textbook.-Almaty: Association of higher educational institutions of Kazakhstan, 2016.
4. Алехина Г.П., Малахова М.С. Методы исследования генетики человека. Уч. пособие. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2012.
5. Берсімбаев Р.І. Генетика. Оқулық. Астана: Евраз. Ұлттық унив., 2016.
6. Берсімбаев Р.І. Жалпы және молекулалық генетика. Алматы. Қазақ Ұлттық унив., 2002.
7. Вагги К.В., Тихомирова М.М., Руководство к практическим занятиям по генетике.- М.: Просвещение, 1979.
8. Гинтер Е.К. Медицинская генетика. Учебник. Москва: Медицина, 2003.
9. Гершензон С.М. Основы современной генетики. 2-изд., испр. и доп. Киев: Наукова Думка, 1983.
10. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. Учебник для студентов вузов. 2-е изд., перераб. и допон. Санкт-Петербург, Изд-во Н-Л., 2010.
11. Крестьянинов В.Ю., Вайнер Г.Б. «Сборник задач по генетике с решениями». Методич. пособие. - Саратов: «Лицей», 1998.
12. Травкин М.П. Генетика в опытах и задачах Метод. руков. Для студ. пед. институтов. Белгород, 1970.
13. Хелевин Н.В, Лобанов А.М, Колесова О.Ф. Задачник по общей и медицинской генетике. Учебное пособие. Москва: Высшая школа, 1976.
14. Лобашев М.Е. Генетика және селекция негіздері. 2-изд. Алматы: Мектеп. 1967.
15. Мұхамбетжанов К.Қ. Генетика. Оқулық. Алматы. «Prints», 2005.
16. Свердлов А.Д. Взгляд на жизнь через окно генома в 3 томах.: Курс лекций. Москва: Наука, 2009.
17. Сингер М., Берг П. Гены и геномы в 2 томах, Москва: Мир, 1998.
18. Стамбеков С.Ж. Жалпы генетика. Алматы: «Ана тілі», 1993.
19. Эпигенетика. Под ред. Закиян С.М., Власова В.В., Дементьевой Е.В. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН. 2012.
20. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P. Molecular Biology of the Cell. Fifth edition. New York & Garland Science, 2008
21. Griffiths A.J.F. Wessler S.R., Carroll S.B., Doebley J. Introduction to Genetic Analysis, 10th Edition, New York: W.H. Freeman and Company, 2002.
22. Hartl D.L., Jones E.W. Genetics: Analysis of Genes and Genoms. 7th Edition, Boston: Jones and Bartlett Publishers, 2009.
23. Klug W.S., Cummings M.R., Spencer C.A., Palladino M.A. Concepts of Genetics, 10th Edition, San Francisco: Pearson Education, 2012.
24. Krebs J.E., Goldstein E.S. Kilpatrick S.T. Lewin's Genetics 10th Edition, Boston: Jones and Bartlett Publishers, 2010
25. Susan Elrod, William Stansfield. Genetics. Fifth edition, Shaum's outline series. New York. McGraw-Hill Companies, 2010.

МАЗМҰНЫ

Алғы сөз.....	3
Моногибридті будандастыру.....	4
Дигибридті будандастыру.....	1
және	полигибридті
Гендердің өзара әрекеттесуі кезіндегі тұқым куалау.....	2
Жыныспен тіркескен белгілердің тұқым куалауы.....	1
Гендердің тіркесуі және кроссинговер.....	9
Популяция генетикасы.....	3
Адам генетикасы.....	3
Глоссарий.....	4
....	0
	5
	1
	5
	8
	6
	4

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	67
Моногибридное скрещивание.....	68
Дигибридное и полигибридное скрещивание.....	76
Наследование при взаимодействии генов.....	83
Наследование признаков сцепленных с полом.....	97
Сцепление генов и кроссинговер.....	104
Популяционная генетика	114
Генетика человека.....	121
Глоссарий.....	126

CONTENTS

Introduction.....	129
Monohybrid cross.....	130
Dihybrid and polyhybrid cross.....	138
Gene interaction inheritance.....	144
Sex-linked inheritance.....	158
Gene linkage and crossing-over.....	165
Population genetics.....	175
Human genetics.....	182
Glossary.....	187
Reference list.....	189

Volume 23,9 pp.1. Circulation 500. Order No. 173
It was compiled and printed at the editorial and publishing center

M.Utemisov West Kazakhstan University , Uralsk, 162 N.Nazarbayev Ave.

Объем 23,9 п.л. Тираж 500. Заказ № 173

Сверстано и отпечатано в редакционно-издательском центре
Западно-Казакстанского университета им. М.Утемисова
г. Уральск, пр-т Н.Назарбаева,162.

Көлемі 23,9 б.т. Таралымы 500 дана. Офсет қағазы. Тапсырыс № 173

М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университетінің
редакциялық баспа орталығы.
Орал қаласы, Н.Назарбаев даңғылы, 162

