

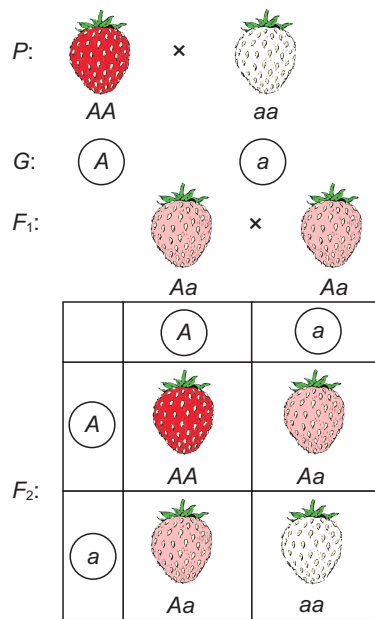
§ 32. Узаемадзеянне алельных генаў. Аналізуючае скрываўанне

Узаемадзеянне алельных генаў. Вы ведаеце, што гены, якія кантралююць альтэрнатыўныя формы праяўлення пэўнай прыметы, называюцца алельнымі. Вядома некалькі тыпаў узаемадзеяння алельных генаў.

Поўнае дамінаванне — узаемадзеянне, пры якім дамінантны алель цалкам падаўляе праяўленне рэцэсіўнага алеля. У выніку гэтага дамінантная прымета праяўляецца як у гомазігот AA , так і ў гетэразігот Aa . Поўнае дамінаванне — найбольш распаўсюджаны тып узаемадзеяння алельных генаў. Напрыклад, у гароку жоўты колер насення цалкам дамінуе над зялёным, а гладкая паверхня — над маршчыністай. У чалавека кары колер вачэй цалкам дамінуе над блакітным, рэзус-дадатнасць — над рэзус-адмоўнасцю, праварукасць — над леварукасцю, шасціпаласць — над пяціпаласцю (нармальнай колькасцю пальцаў рук) і г. д.

Некаторыя алельныя гены ўзаемадзейнічаюць па тыпе **няпоўнага дамінавання**. У гэтым выпадку дамінантная прымета праяўляецца толькі пры наяўнасці двух дамінантных алеляў у генатыпе (AA). Калі ж арганізм гетэразіготны (Aa), г. зн. мае толькі адзін дамінантны алель, у фенатыпе праяўляецца прымета, *прамежкая* паміж дамінантнай і рэцэсіўнай.

Няпоўнае дамінаванне назіраецца, напрыклад, пры наследаванні афарбоўкі плоду¹ суніц. У гэтай расліны гомазіготныя асобіны маюць або чырвоныя (AA), або белыя (aa) плады (мал. 73). Калі скрываваць такія расліны, ва ўсіх гібрыдаў першага пакалення праявіцца прамежкая прымета — ружовая афарбоўка плоду.



Расшчাপленне 1 : 2 : 1

Мал. 73. Няпоўнае дамінаванне на прыкладзе наследавання афарбоўкі плоду суніц

¹ З курса біялогіі 7-га класа вам вядома, што дробныя плодзікі суніц, якія развіліся з завязей, знаходзяцца на паверхні разрослага кветаложа. Яно не з'яўляецца сапраўдным плодам, але тут для спрашчэння ўмовімся называць гэту структуру плодам.

Пры няпоўным дамінаванні прымета гетэразіготных асобін адрозніваецца ад прымет абедзвюх гомазігот. З прычыны гэтага ў другім пакаленні назіраецца расшчапленне па фенатыпе не $3 : 1$, як пры поўным дамінаванні, а $1 : 2 : 1$. Такім чынам, у выпадку няпоўнага дамінавання расшчапленне па фенатыпе супадае з расшчапленнем па генатыпе. У нашым прыкладзе адна частка гібрыдаў другога пакалення наследуе чырвоны колер пладоў (AA), дзве часткі — ружовы (Aa) і адна частка — белы (aa).

Трэба адзначыць, што пры няпоўным дамінаванні паняцці «дамінантны ген (прымета)» і «рэцэсіўны ген (прымета)» з'яўляюцца ўмоўнымі. Іх можна выкарыстоўваць выключна дзеля зручнасці. Так, для разгледжанага вышэй прыкладу можна сказаць, што ў суніц чырвоная афарбоўка пладоў не поўнасю дамінуе над белаю, або наадварот — белая не поўнасю дамінуе над чырвонай.

Па тыпе няпоўнага дамінавання наследуюцца і іншыя прыметы жывых арганізмаў. Некаторыя з іх прадстаўлены ў табліцы 15 (не для запамінання).

Табліца 15. Некаторыя прыметы, пры наследаванні якіх назіраецца няпоўнае дамінаванне

Арганізм	Прыметы гомазігот	Прымета гетэразігот (прамежкавая)
Чалавек	Кучаравыя ці прамыя валасы	Хвалістыя валасы
Курыца	Чорнае ці белае апярэнне	Шэрае апярэнне
Радыска	Доўгія ці круглыя караняплоды	Авальныя караняплоды
Начная прыгажуня (расліна)	Чырвоныя ці белыя кветкі	Ружовыя кветкі

Яшчэ адным тыпам узаемадзеяння алельных генаў з'яўляецца **кадамінаванне**. У выпадку кадамінавання ў гетэразіготных асобін цалкам праяўляюцца абодва алельныя гены. Класічным прыкладам кадамінавання з'яўляецца ўзаемадзеянне генаў у чалавека з кроўю чацвёртай групы (па сістэме АВ0).

Групы крыві 0, А, В і АВ вызначаюцца генам I. Вядомыя тры разнавіднасці гэтага гена: I^A , I^B , I^0 . Алельныя гены I^A і I^B поўнасю дамінуюць над I^0 , а паміж сабой узаемадзейнічаюць па тыпе кадамінавання.

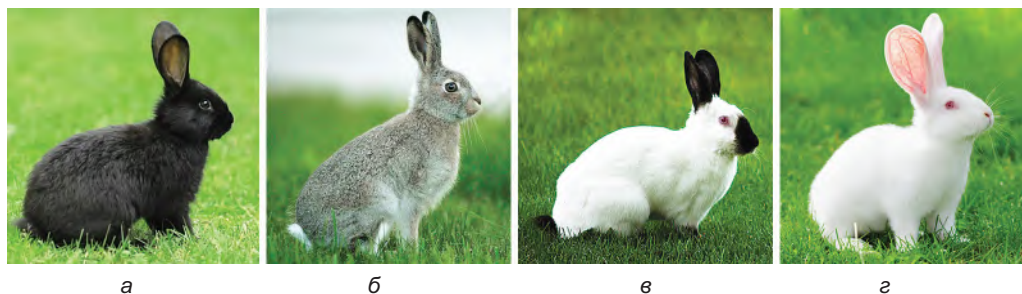
Ген I^A абумоўлівае наяўнасць на мембранах эрытрацытаў антыгена А, ген I^B вызначае наяўнасць іншага антыгена — В. Такім чынам, у людзей з генатыпамі $I^A I^A$ і $I^A I^0$ эрытрацыты нясуць толькі антыген А — гэта кроў *другой* (А) групы. У людзей з генатыпамі $I^B I^B$ і $I^B I^0$ чырвоныя крывяныя клеткі змяшчаюць толькі антыген В — гэта кроў *трэцяй* (В) групы. Чалавек з генатыпам $I^0 I^0$ мае кроў *першай* (0) групы — на паверхні яго эрытрацытаў адсутнічаюць антыгены А і В.

У гетэразігот з генатыпам $I^A I^B$ гены I^A і I^B не падаўляюць праяўленне адзін аднаго, а кадамінуюць. Кожны з іх у поўнай меры выконвае сваю функцыю, таму эрытрацыты змяшчаюць абодва антыгены (А і В). У выніку гэтага ўзнікае якаясьці новая прымета — кроў *чацвёртай* групы (АВ).

Множны алелізм. Афарбоўка насення гароху, наследаванне якой вывучаў Г. Мендэль, вызначаецца двума алелямі — дамінантным і рэцэсіўным. Аднак многія гены прадстаўлены не двума, а большым лікам алеляў. Напрыклад, ген, які вызначае ў чалавека групы крыві (па сістэме АВ0), як ужо адзначалася, існуе ў трох формах — I^A , I^B , I^0 .

З'ява існавання гена больш чым ў дзвюх алельных формах называецца **множным алелізмам**. Пры гэтым у любога арганізма, саматычныя клеткі якога змяшчаюць дыплоідны набор храмасом, ёсць не больш за два алелі кожнага гена.

Множныя алелі нярэдка ўтвараюць серыі, у якіх кожны папярэдні алель дамінуе ў адносінах да наступных. Так, ген, які вызначае колер шэрсці труса, прадстаўлены некалькімі алельнымі формамі (мал. 74). Пры гэтым алель C , які абумоўлівае чорную афарбоўку, дамінуе над алелямі шыншылавай (c^{ch}), гімалайскай (c^h) і белай (c^a) афарбоўкі. Ген, які кантралюе шыншылавую афарбоўку, дамінуе над генамі, што вызначаюць гімалайскую і белую. І нарэшце, алель c^h дамінантны ў адносінах



Мал. 74. Афарбоўка шэрсці трусаў:
а — чорная; б — шыншылавая; в — гімалайская; г — белая



да алеля c^a . Гэта можна паказаць у выглядзе: $C > c^{ch} > c^h > c^a$. Падобным чынам узаемадзейнічаюць гены, якія кантралююць афарбоўку вачэй у пладовай мушкі дразафілы (чырвоная > каралавая > вішнёвая > абрыко-савая і г. д. да белай), форму белых плям на лістах канюшыны паўзучай і інш.

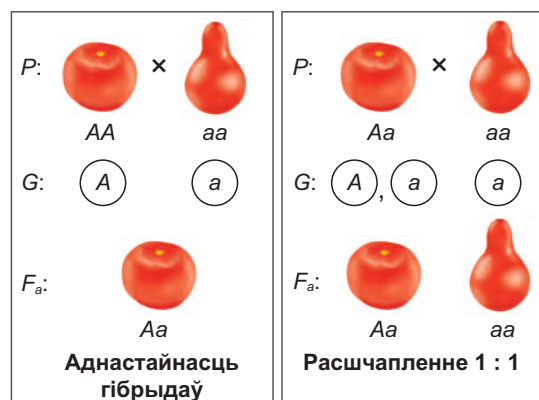
Аналізуючае скрываўванне. Пры поўным дамінаванні аднаго алеля над другім арганізмы з дамінантным фенатыпам могуць мець розныя генатыпы — AA ці Aa . Як вызначыць генатып асобіны, якая валодае дамінантнай прыметай? Гэта можна зрабіць па выніках скрываўвання даследуемай асобіны з рэцэсіўнай гомазіготай (aa). Такое скрываўванне называецца **аналізуючым**.

Напрыклад, у таматаў ген, які вызначае з'яўленне круглых пладоў, поўнаасцю дамінуе над генам, які абумоўлівае грушападобную форму. Дапусцім, што трэба вызначыць генатып расліны з круглымі пладамі. Увядзём абазначэнні адпаведных генаў: A — круглыя плады, a — грушападобныя. Даследуемая расліна можа мець генатып AA або Aa . У гэтым выпадку запісваюць *фенатыпічны радыкал* — тую частку генатыпу, якая вызначае фенатып арганізма. У нашым выпадку фенатыпічны радыкал трэба запісаць у выглядзе A —.

Скрываем даследуемую асобіну з рэцэсіўнай гомазіготай, г. зн. з раслінай, якая мае грушападобныя плады:

$$P: \underset{\text{круглыя}}{A} \text{—} \times \underset{\text{грушападобныя}}{aa}$$

Разгледзім два варыянты аналізуючага скрываўвання (мал. 75), выкарыстоўваючы два магчымыя генатыпы расліны, якая даследуецца AA і Aa . Патомства, атрыманае пры аналізуючым скрываўванні, прынята абазначаць як F_a . Звярніце ўвагу, што ў першым выпадку ў патомстве назіраецца аднастайнасць гібрыдаў, а ў другім — расшчапленне 1 : 1.



Мал. 75. Аналізуючае скрываўванне

значыць як F_a . Звярніце ўвагу, што ў першым выпадку ў патомстве назіраецца аднастайнасць гібрыдаў, а ў другім — расшчапленне 1 : 1.

Такім чынам, калі патомства, атрыманае пры аналізуючым скрываўванні, *аднастайна* па дамінантнай прымеце, то асобіна, якая аналізуецца, з'яўляецца гомазіготнай (AA). Калі ж у патомстве назіраецца *расшчапленне*, арганізм, які даследуецца, з'яўляецца гетэразіготным (Aa).

Такім чынам, **аналізуючае скрыжаванне** — гэта скрыжаванне асобіны, якая мае дамінантны фенатып, з гомазіготнай рэцэсіўнай асобінай для выяўлення генатыпу асобіны, якая аналізуецца.

На прыкладзе аналізуючага скрыжавання вы пераканаліся, што на аснове прымет атрыманага патомства можна вызначаць генатыпы бацькоўскіх форм. У шэрагу выпадкаў вынікі праведзеных скрыжаванняў дазваляюць таксама вызначыць тып узаемадзеяння генаў, асаблівасці іх фенатыпічнага праяўлення і г. д. (табл. 16).

Табліца 16. Вывады, якія можна зрабіць на аснове вынікаў монагібрыднага скрыжавання

З’ява, якая назіраецца ў патомстве	Інфармацыя пра бацькоўскія асобіны і асаблівасці ўзаемадзеяння генаў
Аднастайнасць гібрыдаў па дамінантнай прымеце	Бацькі — гомазіготы, напрыклад $AA \times aa$, поўнае дамінаванне
Аднастайнасць гібрыдаў па прамежкавай прымеце	Бацькі — гомазіготы, напрыклад $AA \times aa$, няпоўнае дамінаванне
Расшчапленне 3 : 1	Бацькі — гетэразіготы, напрыклад $Aa \times Aa$, поўнае дамінаванне
Расшчапленне 1 : 2 : 1 (50 % патомкаў з прамежкавай прыметай)	Бацькі — гетэразіготы, напрыклад $Aa \times Aa$, няпоўнае дамінаванне
Расшчапленне 1 : 1	Адзін з бацькоў гетэразіготны, другі гомазіготны, напрыклад $Aa \times aa$ (пры няпоўным дамінаванні таксама $Aa \times AA$)



Асноўнымі тыпамі ўзаемадзеяння алельных генаў з’яўляюцца поўнае дамінаванне, няпоўнае дамінаванне і кадамінаванне. Пры поўным дамінаванні дамінантны алель цалкам прыгнятае праяўленне рэцэсіўнага, у выніку чаго гетэразіготы валодаюць дамінантнай прыметай. У выпадку няпоўнага дамінавання ў гетэразігот праяўляецца прымета, прамежкавая паміж дамінантнай і рэцэсіўнай. Пры кадамінаванні алельныя гены раўнацэнна ўдзельнічаюць у фарміраванні якасна новай прыметы ў гетэразіготнай асобіны. Існаванне гена больш чым у дзвюх алельных формах называюць множным алелізмам. Аналізуючае скрыжаванне — гэта скрыжаванне асобіны, якая мае дамінантны фенатып, з гомазіготнай рэцэсіўнай асобінай. Па яго выніках можна вызначыць генатып асобіны, якая аналізуецца.



1. Якія тыпы ўзаемадзеяння алельных генаў вам вядомы?
2. Чым поўнае дамінаванне адрозніваецца ад няпоўнага? Прывядзіце прыклады.
3. Дапусцім, што ў пэўнага віду раслін шырокія лісты дамінуюць над вузкімі. Скрыжавалі дзве гетэразіготныя расліны. Патомства з якімі фенатыпамі і ў якіх суадносінах трэба чакаць, калі гены, што кантралююць шырыню лістоў, узаемадзейнічаюць па тыпе поўнага дамінавання? Па тыпе няпоўнага дамінавання?
4. Што такое кадамінаванне? Які тып ўзаемадзеяння назіраецца паміж генамі I^B і I^O , што вызначаюць групу крыві чалавека? Паміж генамі I^A і I^B ?
5. Якую з'яву называюць множным алелізмам? Ці можа ў пэўнага чалавека быць тры розныя алелі, якія вызначаюць групу крыві (па сістэме ABO)? Чаму?
6. Што ўяўляе сабой аналізуючае скрыжаванне? Як па выніках аналізуючага скрыжавання можна вызначыць генатып асобіны, якая валодае дамінантным фенатыпам?
- 7*. У Івана і Марыі цацвёрта дзяцей. Усе яны маюць розныя групы крыві: I, II, III і IV. Вызначыце групы крыві і генатыпы Івана і Марыі.
- 8*. Афарбоўка апярэння ў курэй наследуецца па тыпе няпоўнага дамінавання (чорнае апярэнне дамінуе над белым, прамежавая прымета — шэрае апярэнне). Шэрых курэй скрыжавалі з шэрымі пёўнямі. Вядома, што яшчэ да апладнення гіне 70 % гамет, якія нясуць рэцэсіўны алель, і 30 % гамет, што нясуць дамінантны алель. Вызначыце працэнтныя суадносіны нашчадкаў з усімі магчымымі фенатыпамі.

§ 33. Дыгібрыднае скрыжаванне. Трэці закон Мендэля

Дыгібрыднае скрыжаванне. Закон незалежнага наследавання прымет. Скрыжаванне, пры якім бацькоўскія асобіны адрозніваюцца па дзвюх парах альтэрнатыўных прымет, называюць **дыгібрыдным**. Калі бацькі адрозніваюцца па многіх парах альтэрнатыўных прымет, скрыжаванне называецца **полігібрыдным**.

Вызначыўшы заканамернасці наследавання асобных пар альтэрнатыўных прымет з дапамогай монагібрыднага скрыжавання, Г. Мендэль прыступіў да доследаў па дыгібрыдным скрыжаванні. Ён правёў серыю эксперыментаў, у якіх ажыццяўляў гібрыдызацыю чыстых ліній гароху, што адрозніваліся па дзвюх парах прымет. Так, у адным з доследаў бацькоўскія асобіны адрозніваліся па афарбоўцы насення і форме яго паверхні (мал. 76). Адны расліны мелі жоўтае гладкае насенне, другія — зялёнае маршчыністае. У першым пакаленні назіралася аднастайнасць гібрыдаў — усе яны мелі жоўтае гладкае насенне. Значыць, у гароху жоўтая афарбоўка поўнасцю дамінуе над зялёнай, а гладкая паверхня — над маршчыністай.

Шляхам самаапылення гібрыдаў першага пакалення Г. Мендэль атрымаў другое пакаленне. У адпаведнасці з законам расшчаплення ў гібрыдаў F_2 праявіліся не толькі дамінантныя, але і рэцэсіўныя прыметы.