

4. Ахарактарызуйце асноўныя ўласцівасці мадыфікацый, прывядзіце прыклады.

5. Якія статыстычныя метады ўжываюцца для аналізу зменлівасці колькасных прымет? Якое практычнае значэнне мае веданне заканамернасцей мадыфікацыйнай зменлівасці прымет жывых арганізмаў?

6*. Калі прымулу, якая ў звычайных умовах мае чырвоныя кветкі, перанесці ў аранжарэю з тэмпературай 30—35 °C і павышанай вільготнасцю, новыя кветкі на гэтай расліне будуць ужо белымі. Калі гэту расліну вярнуць ва ўмовы адносна нізкай тэмпературы (15—20 °C), яна зноў пачынае цвісці чырвонымі кветкамі. Чым гэта можна патлумачыць?

7*. Як вы думаеце, чаму на птушкафабрыках светлавы дзень у курэй-нясушак штучна падаўжаюць да 20 гадзін, а ў пеўнічкаў-бройлераў — скарачаюць да 6 гадзін у суткі?



Вывучэнне мадыфікацыйнай зменлівасці
хатніх раслін



§ 37. Генатыпічная зменлівасць

Вылучаюць два віды генатыпічнай (спадчыннай) зменлівасці: камбінацыійную і мутацыйную.

Камбінацыійная зменлівасць. З курса біялогіі 10-га класа вам вядома, што для палавога размнажэння характэрна з'яўленне ў бацькоўскіх асобін разнастайнага патомства. Арганізмы новага пакалення адрозніваюцца як ад бацькоўскіх форм, так і адзін ад аднаго. Галоўная прычына гэтых адрозненняў заключаецца ў тым, што пры палавым размнажэнні кожны нашчадак наследуе ўнікальнае спалучэнне генаў сваіх бацькоў. Зменлівасць, абумоўленую ўзнікненнем у патомства новых спалучэнняў (камбінацый) бацькоўскіх генаў, называюць **камбінацыійнай**. Структура саміх генаў пры гэтым не змяняецца.

Крыніцамі камбінацыійнай зменлівасці з'яўляюцца наступныя працэсы.

- Кросінговер, які адбываецца ў прафазе I меёзу.
- Незалежнае разыходжанне гамалагічных храмасом у анафазе I меёзу і сясцрынскіх храматыд (даччыных храмасом) у анафазе II.
- Выпадковае зліццё гамет пры апладненні.

Першыя два працэсы забяспечваюць фарміраванне гамет з рознымі камбінацыямі генаў. Выпадковае зліццё палавых клетак прыводзіць да ўтварэння зігот з рознымі спалучэннямі генаў абодвух бацькоў. У выніку ў патомства з'яўляюцца новыя камбінацыі бацькоўскіх прымет, а таксама новыя прыметы, якіх не было ў бацькоў.

Прыкладамі камбінацыійнай зменлівасці могуць служыць нараджэнне дзяцей з кроўю I ці IV групы ў гетэразіготных бацькоў, якія маюць

кроў II і III груп, ці блакітнавокага дзіцяці ў каравокіх гетэразіготных бацькі і маці. Пры гэтым у нашчадкаў узнікаюць новыя прыметы, адрозныя ад бацькоўскіх. Яшчэ адным прыкладам можа быць з'яўленне мух з шэрым целам і зачаткавымі крыламі, з чорным целам і нармальнымі крыламі пры скрыжаванні дыгетэразіготнай дразафілы (шэрае цела, нармальныя крылы) з чорным самцом з зачаткавымі крыламі (гл. мал. 79 на с. 177). У дадзеным выпадку ў патомства ў выніку кросінгвера з'яўляюцца новыя спалучэнні прымет бацькоў.

Такім чынам, камбінатыўная зменлівасць з'яўляецца важным пастаўшчыком разнастайнасці жывых арганізмаў.

Мутацыйная зменлівасць. Прычынай гэтага тыпу зменлівасці з'яўляюцца **мутацыі** — наследуемыя змяненні генетычнага матэрыялу арганізмаў: структуры асобных генаў, будовы ці колькасці храмасом. Працэс узнікнення мутацый называецца *мутагенезам*, а арганізмы, якія змянілі фенатып у выніку мутацыі, — *мутантамі*.

Тэрмін «мутацыя» ўпершыню быў прапанаваны нідэрландскім вучоным Х. дэ Фрызам. Ён ахарактарызаваў найважнейшыя ўласцівасці мутацый у працы, якая выйшла ў 1903 г. пад назвай «Мутацыйная тэорыя». Справядлівасць асноўных палажэнняў тэорыі дэ Фрыза была пасля пацверджана шматлікімі даследаваннямі генетыкаў.

Паводле сучасных уяўленняў мутацыі (у адрозненне ад мадыфікацый) не развіваюцца паступова, а *ўзнікаюць раптоўна*. Яны *не ўтвараюць перарывістых радоў зменлівасці і не маюць нормы рэакцыі*. Мутацыі неносяць масавы характар, а праяўляюцца *індывідуальна*. Найважнейшай уласцівасцю мутацый з'яўляецца іх *нявызначанасць*. Гэта значыць, што пры мутагенезе можа змяніцца любы элемент спадчыннага матэрыялу клеткі (ген, храмасома, храмасомны набор), прычым нельга дакладна прадказаць, якія менавіта генетычныя структуры будуць закрануты, якім чынам адбудуцца змяненні і да якіх наступстваў гэта прывядзе. Паколькі мутацыі суправаджаюцца змяненнем генатыпу арганізмаў, яны здольныя *перадавацца па спадчыне*.

Фактары, якія выклікаюць з'яўленне мутацый, называюць **мутагеннымі фактарамі** ці **мутагенамі**. У залежнасці ад прыроды адрозніваюць фізічныя, хімічныя і біялагічныя мутагены. *Фізічнымі* мутагенамі з'яўляюцца розныя віды выпраменьванняў (гама-, рэнтгенаўскае, ультрафіялетавае і інш.), вельмі высокая ці нізкая тэмпература і г. д. Да *хімічных* мутагенаў належаць разнастайныя рэчывы, напрыклад калхіцын, фармальдэгід, нітрыты, кампаненты тытунёвага дыму, некаторыя харчовыя дабаўкі, пестыцыды і лекавыя прэпараты. Прыкладамі *біялагічных* мутагенаў могуць быць вірусы.

Існуюць розныя падыходы да класіфікацыі мутацый. Разгледзім некаторыя з іх.

- Паводле тыпу клетак, якія муціравалі, вылучаюць генератыўныя і саматычныя мутацыі. **Генератыўнымі** называюць мутацыі, якія ўзнікаюць у палавых клетках. Гэтыя мутацыі перадаюцца патомству пры палавым размнажэнні. **Саматычныя** мутацыі адбываюцца ў саматычных клетках. Такія мутацыі могуць перадавацца па спадчыне шляхам вегетатыўнага размнажэння і праяўляцца ў самой асобіны-мутанта. Пры дзяленні клеткі, якая муціравала, саматычная мутацыя перадаецца даччыным клеткам. Таму чым раней у ходзе індывідуальнага развіцця ўзнікае такая мутацыя, тым большую частку арганізма яна закранае. Вынікамі праяўлення саматычных мутацый могуць быць, напрыклад, наяўнасць пасмаў валасоў без меланіну ці розны колер вачэй у чалавека (мал. 90), з'яўленне парастка з белымі ягадамі на кусце чорнай парэчкі і г. д.

- Паводле ўзроўню змянення генетычнага матэрыялу мутацыі бываюць геннымі, храмасомнымі і геномнымі.

Генныя мутацыі — гэта змяненні нуклеатыднай паслядоўнасці ДНК у межах аднаго гена з прычыны *замены, выпадзення* ці *ўстаўкі* нуклеатыдаў. Генныя мутацыі — самы распаўсюджаны тып мутацый і крыніца з'яўлення новых алеляў. Змяненні парадку нуклеатыдаў у саставе генаў аднаўляюцца ў структуры адпаведных мРНК і ў большасці выпадкаў вядуць да змянення амінакіслотнай паслядоўнасці бялкоў, якія кадзіруюцца дадзенымі генамі.

Так, у чалавека замена пэўнага нуклеатыду ў гене, які кадзіруе ланцуг гемаглібіну, прыводзіць да замены ў гэтым бялку адной амінакіслаты (глутамінавай) на другую (валін). Змяненне структуры гемаглібіну вядзе да таго, што эрытрацыты замест дыскападобнай формы набываюць серпападобную і губляюць здольнасць да транспарту кіслароду (мал. 91). Гэта захворванне называецца *серпападобнаклетачнай анеміяй*.



Мал. 90. Вочы рознага колеру

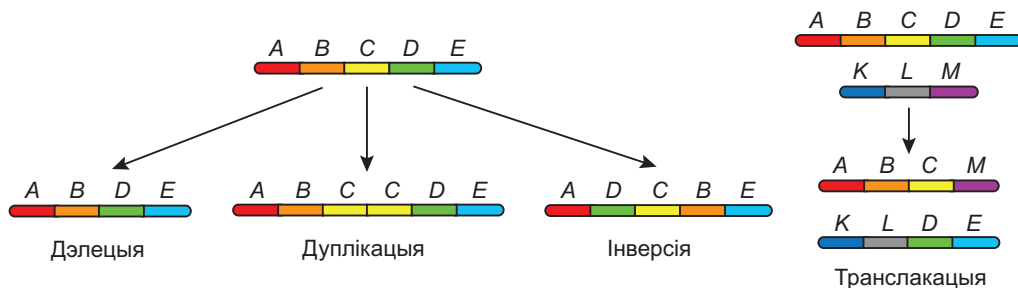


Мал. 91. Эрытрацыты чалавека нармальнай і серпападобнай формы

Ген, які вызначае форму эрытрацытаў у хворых на серпападобнаклетачную анемію, з'яўляецца рэцэсіўным. Ён кадзіруе асаблівы, анамальны тып гемаглабіну — так званы гемаглабін S. У гетэразіготных носьбітаў гена серпападобнаклетачнай анеміі ў эрытрацытах прысутнічае як звычайны гемаглабін, так і гемаглабін S. Захворванне пры гэтым не развіваецца. Цікава тое, што гемаглабін S абумоўлівае ўстойлівасць эрытрацытаў да заражэння малярыйным плазмодыем. Таму ў рэгіёнах Зямлі, дзе распаўсюджана малярія, гетэразіготныя носьбіты дэфектнага гена маюць пэўную перавагу перад гомазіготнымі людзьмі. У адрозненне ад рэцэсіўных гомазіготных людзей яны не хварэюць на серпападобнаклетачную анемію і адначасова з'яўляюцца неўспрымальнымі да маляріі, якой могуць хварэць людзі, гомазіготныя па дамінантным гене.

Храмасомныя мутацыі — гэта змяненні будовы храмасом. Змяненні звычайнай структуры адной храмасомы (ці двух гамалагічных) адносяць да ўнутрыхрамасомных мутацый. Перабудовы, у якія былі ўцягнуты негамалагічныя храмасомы, называюць міжхрамасомнымі мутацыямі.

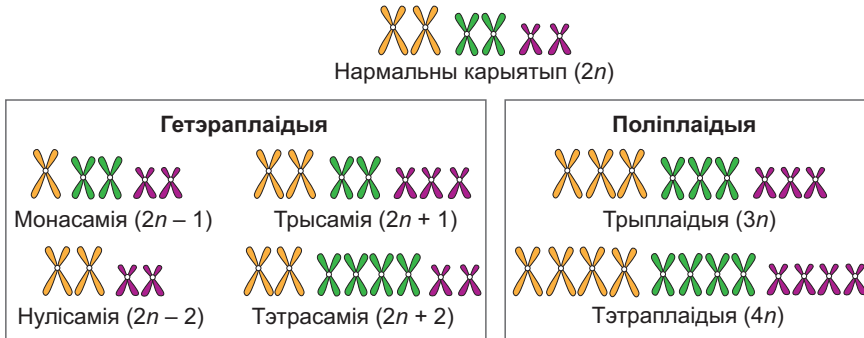
Прыкладамі ўнутрыхрамасомных мутацый могуць быць: выпадзенне ўчастка храмасомы — *дэлецыя*, двухразовы ці шматразовы паўтор фрагмента храмасомы — *дуплікацыя*, паварот участка храмасомы на 180° — *інверсія*. Да міжхрамасомных мутацый належыць абмен участкамі паміж дзвюма негамалагічнымі храмасомамі — *транслакацыя* (мал. 92).



Мал. 92. Схемы храмасомных мутацый

Геномныя мутацыі прыводзяць да змянення колькасці храмасом у клетках. Сярод мутацый такога тыпу можна вылучыць гетэраплаідыю і поліплаідыю (мал. 93).

Гетэраплаідыя — гэта змяненне ліку храмасом, не кратнае гаплоіднаму набору. У выніку такіх мутацый можа назірацца, напрыклад, адсутнасць у карыятыпе адной з храмасом — *монасамія* ($2n - 1$) ці пары



Мал. 93. Схемы геномных мутаций

гамалагічных храмасом — *нулісамія* ($2n - 2$), або наяўнасць у наборы лішніх гамалагічных храмасом — *полісамія*. Прыкладамі апошняй могуць служыць *трысамія* ($2n + 1$), *тэтрсамія* ($2n + 2$), *пентасамія* ($2n + 3$) і г. д.

Поліплаідыя — гэта павелічэнне колькасці храмасом, кратнае гаплоіднаму набору. У залежнасці ад таго, колькі гаплоідных набораў храмасом змяшчаецца ў клетках, адрозніваюць *трыплаідыю* ($3n$), *тэтраплаідыю* ($4n$), *пентаплаідыю* ($5n$), *гексаплаідыю* ($6n$) і г. д. Поліплаідыя распаўсюджана пераважна сярод раслін. Паліплоідныя расліны звычайна маюць больш буйныя вегетатыўныя і генератыўныя органы, чым у дыплоідных форм, адрозніваюцца павышанай устойлівасцю да неспрыяльных фактараў асяроддзя.

Значэнне генатыпічнай зменлівасці. Спадчынная (генатыпічная) зменлівасць з'яўляецца галоўнай прычынай дзівоснай разнастайнасці жывых арганізмаў на Зямлі. Мутацыйная і камбінатыўная зменлівасць спрыяюць з'яўленню новых спадчынных прымет і іх спалучэнняў і такім чынам абумоўліваюць узнікненне індывідуальных адрозненняў паміж асобінамі. Гэта ляжыць у аснове выжывання і размнажэння адных арганізмаў, больш адаптаваных да ўмоў навакольнага асяроддзя, і гібелі другіх, менш прыстасаваных. Іншымі словамі, спадчынная зменлівасць пастаўляе матэрыял для натуральнага адбору, што забяспечвае эвалюцыю жывой прыроды.

У той жа час мутацыйная і камбінатыўная зменлівасць спрыяюць узнікненню ў арганізмаў такіх прымет і іх камбінацый, якія выкарыстоўваюцца чалавекам пры вывядзенні новых парод жывёл, сартоў раслін і штамаў мікраарганізмаў. Такім чынам, генатыпічная зменлівасць адыгрывае выключна важную ролю ў селекцыйнай рабоце.



Да генатыпічнай (спадчыннай) зменлівасці належаць камбіна-
тыўная і мутацыйная. Камбінацыўная зменлівасць абумоўлена
ўзнікненнем у патомства новых спалучэнняў бацькоўскіх генаў.
Крыніцамі камбінацыўнай зменлівасці з'яўляюцца кросінговер і не-
залежнае разыходжанне храмасом у меёзе, выпадковае зліццё гамет
пры апладненні. Прычынай мутацыйнай зменлівасці з'яўляюцца на-
следуемыя змяненні генетычнага матэрыялу арганізмаў — мутацыі.
Яны ўзнікаюць раптоўна, не ўтвараюць непарарывных радоў змен-
лівасці, не маюць нормы рэакцыі, з'яўляюцца нявызначанымі
(непрадказальнымі) і праяўляюцца індывідуальна. Паводле тыпу
клетак, якія муціравалі, адрозніваюць генератыўныя і саматычныя
мутацыі, паводле ўзроўню змянення генетычнага матэрыялу — ген-
ныя, храмасомныя і геномныя. Спадчынная зменлівасць пастаўляе
матэрыял для натуральнага адбору, забяспечвае эвалюцыю жывой
прыроды і адыгрывае найважнейшую ролю ў селекцыйнай практыцы.



1. Што ўяўляе сабой камбінацыўная зменлівасць? Прывядзіце прыклады. Назавіце крыніцы камбінацыўнай зменлівасці.
2. Дайце азначэнне паняццяў «мутацыя», «мутагенез», «мутаген». На якія групы прынята дзяліць мутагены? Прывядзіце прыклады.
3. Чым саматычныя мутацыі адрозніваюцца ад генератыўных?
4. Ахарактарызуйце асноўныя тыпы генных, храмасомных і геномных мутацый.
5. У чым заключаецца падабенства камбінацыўнай і мутацыйнай зменлівасці? У чым заключаецца адрозненне паміж гэтымі відамі зменлівасці? Чым мутацыйная зменлівасць адрозніваецца ад мадыфікацыйнай?
6. У пшаніцы-адназярнянкі гаметы змяшчаюць па 7 храмасом. Колькі храмасом змяшчаецца ў саматычных клетках мутантаў пшаніцы-адназярнянкі, калі да ўзнікнення мутантнай формы прывяла нулісамія? Монасамія? Трыплаідыя? Трысамія? Тэтраплаідыя? Тэтрасамія?
- 7*. Чорная афарбоўка шэрсці ў кошак дамінуе над рыжай, гетэразіготныя кошкі валодаюць чарапахавай афарбоўкай — чорныя плямы чаргуюцца з рыжымі. Гены, якія кантралююць колер шэрсці, размешчаны ў Х-храмасоме. Тэарэтычна катой, г. зн. самцоў, з чарапахавай афарбоўкай не павінна быць (чаму?), аднак часам яны нараджаюцца. Як растлумачыць гэту з'яву? Як вы лічыце, якія яшчэ асаблівасці, акрамя незвычайнай афарбоўкі, характэрны для чарапахавых катой?

§ 38. Вывучэнне спадчыннасці і зменлівасці чалавека

Асноўныя заканамернасці спадчыннасці і зменлівасці, вызначаныя для жывых арганізмаў, носяць універсальны характар, а значыць, яны ўжываюцца і ў дачыненні да чалавека. Аднак як аб'ект гене-