

### Дихибридно кръстосване

В своето развитие генетиката е преминала през три етапа. Всеки от тях е свързан с важно откритие, поставило основите на един от нейните основни дялове.

Първият етап е класическият. Неговото начало е през 1900 г., когато трима ботаници в три различни страни – Хуго де Фриз (в Холандия), Карл Коренс (в Германия) и Ерих фон Чермак (в Австрия) са установили, че белезите на родителите се унаследяват закономерно и че правилата за това унаследяване са изяснени 35 години по-рано от чеха Грегор Мендел. Затова 1900 г. се приема за рождена година на генетиката. През този етап са натрупани много данни, доказващи верността на изведените от Мендел закономерности. Положени са основите на хибридологичната генетика.

През втория етап (1910 г.) Томас Хънт Морган и сътрудниците му полагат основите на хромозомната теория за наследствеността. Получават се много доказателства за това, че носителите на наследствеността се намират в хромозомите на живите клетки. Полагат се основите на цитогенетиката.

Третият етап е съвременният. През него се установява, че благодарение на нуклеиновите киселини стават запазването, предаването и реализирането на наследствената информация в живите организми. Получени са редица от данни, показващи строежа и функцията на гените. Полагат се основите на молекулната генетика.

Предмет и задачи на генетиката. Предмет на генетиката са изменчивостта и наследствеността на организмите.

Отделните индивиди приличат на своите родители. При своето размножаване организмите възпроизвеждат себеподобни.

Свойството на организмите да предават в потомството си своите белези и особености се нарича наследственост, а самият процес на предаване на белезите – унаследяване.

Благодарение на наследствеността и унаследяването видовете в природата не се променят дълго време.

Едновременно с това не е възможно да се намерят два напълно еднакви индивида от който и да е вид. Дори еднояйчните близнаци при човека се различават по някои от белезите си.

Свойството да се променят белезите на организмите, а също и да се появяват нови белези се нарича изменчивост.

Изменчивостта е причина за заобикалящото ни многообразие в живата природа. Благодарение на нея организмите могат да се приспособяват към променящите се условия на средата, а също и да заемат нова среда на живот.

Изучаването на наследствеността и изменчивостта и разкриването на закономерностите им са основните задачи на генетиката.

Основни понятия в генетиката. Генетиката, като всяка наука, използва специфична за нея понятия, по-важни от които са следните:

*Наследствено чисти форми.* Това са индивиди от един и същ вид, които са еднакви по редица белези и които при самооплождане (или размножаване помежду им) дават изцяло себеподобно поколение. Тези форми се използват като изходни в генетичните опити.

Мендел е работил с 22 сорта грах, които е оставил в продължение на 7 години да се самоопрашват. Той установил, че във всички поколения не се получават никакви

отклонения от белезите, характерни за дадения сорт. Това показва, че всеки от тези сортове е бил наследствено чиста форма.

*Алтернативни белези* (от фр. *алтернатив* – който допуска само една от две възможности). Това са белези, при които появата на един белег изключва възможността за появата на друг. Обикновено те се групират в двойки алтернативни белези.

Например едно грахово зърно не може да бъде едновременно и жълто, и зелено. То е или жълто, или зелено. Двойката алтернативни белези в случая са жълт и зелен цвят на зърната.

При генетични опити се проследява унаследяването на двойки алтернативни белези.

Оплождането между индивидите, различаващи се по една или няколко двойки алтернативни белези, се нарича кръстосване, или хибридизация, а получените в поколението индивиди – хибриди.

В зависимост от това унаследяването на колко алтернативни двойки от белези се проследява кръстосването бива: *монохибридно* (от гр. *монос* – едно) – проследява се унаследяването на една двойка алтернативни белези.

*Дихибридно*

(от гр.

*диа*

– два пъти, двоен) – проследява се едновременното унаследяване на две такива двойки.

*Полихибридно*

(от гр.

*поли*

– много) – проследява се едновременното унаследяване на повече от две такива двойки.

Белегът от дадена двойка, който се проявява във всичките или по-голямата част от индивидите на създаденото поколение, се нарича *доминантен* (от лат. *доминанс* – господстващ). Белегът, който не се проявява или се проявява в малка част от индивидите на създаденото поколение се нарича

*рецесивен*

(от лат.  
*рецесус*  
– отстъпване).

Белезите на организмите се определят от наследствени единици, наречени *гени*. Съвкупността от всички гени, които даден организъм притежава, се нарича генотип, а съвкупността от всички проявени белези на този организъм - фенотип.

Фенотипът е част от генотипа и е резултат от неговото взаимодействие с факторите на средата.

За да се провери как става едновременното унаследяване на две алтернативни двойки белези, Мендел направил следния опит: Кръстосал грах с жълти и гладки семена с грах със зелени и набръчкани семена. В първото хибридно поколение (F1) всички семена били жълти и гладки – проявили са се доминантните белези от двете двойки. От тези семена той отгледал растения, които оставил да се самоопрашат. Получили се семена от второ хибридно поколение. Мендел установил, че в зависимост от цвета и формата семената може да бъдат разпределени в 4 групи: жълти и гладки, жълти и набръчкани, зелени и гладки и зелени и набръчкани. Количественото отношение между тези групи било 9:3:3:1.

За да обясни получените резултати, Мендел приел следното:

1. Двете двойки алтернативни белези (цвет и форма на семената) се определят от две отделни двойки наследствени фактори (от двойки алели на два отделни гена).

2. В зрелите гамети винаги попада само по един от всяка двойка фактори (по един алел от всеки ген).

3. В гаметите на хибридите от F1 факторите за двата белега (алелите на двата гена) се разпределят независимо един от друг.

4. Възможностите за оплождане между гаметите на F1 са еднакви и затова в хибридите от F2 факторите за белезите (алелите на гените) се комбинират по всички възможни начини.

Ако доминантният алел на един ген (A) определя жълтия цвят на семената, то доминантният алел на друг ген (B) ще определя тяхната гладка форма. Рецесивните алели на тези два гена ще определят съответно зеления цвят (a) и набръчканата форма (b) на семената.

Ходът на този опит, получените във F1 и F2 резултати и разпределението на алелите на двата гена може да се изразят схематично чрез т.нар. решетка на Пънет.

При внимателно разглеждане на фигурата се вижда, че:

1. Изходните родители са хомозиготни – единия носи доминантните алели и на двата гена, а другият – рецесивните им алели.

2. Всички индивиди от F1 са дихетерозиготни (хетерозиготни по алелите и на двата гена).

3. Във F2  $1/16$  от индивидите са хомозиготни по доминантните алели и на двата гена и  $1/16$  – хомозиготни по техните рецесивни алели.

4. В гаметите на хибридите от F1, алелите на гена за цвят на семената се разпределят независимо от алелите на гена, определящ формата. От това следва и независимото комбиниране на двата белега в хибридните семена от F2.

Затова във всички растения, в генотиповете на които присъстват доминантни алели на

двата гена, семената са жълти и гладки. В онези от тях, в които липсва доминантен алел за форма, семената са също жълти, но набръчкани. В индивидите, в които липсва доминантен алел за цвят, семената са зелени и гладки и когато липсват доминантни алели и на двата гена (хомозиготни по рецесивните алели генотипове), семената са зелени и набръчкани.

От решетката на Пънет се вижда, че в F<sub>2</sub> на 12 жълти семена отговарят 4 зелени, а на 12 гладки – 4 грапави. Двата признака се разпадат в съотношение 12:4 (или 3:1), характерно за монохибридно кръстосване. Следователно всяка алелна двойка се предава независимо от другата. Така дихибридно кръстосване може да се разгледа като резултат от две независими монохибридни кръстоски. Или количественото съотношение на разпадането на признаците в F<sub>2</sub> при дихибридно кръстосване е резултат от произведението между отношението на разпадане по фенотип на двата признака поотделно –  $(3:1) \times (3:1) = 9:3:3:1$ .

Разпадането на признаците в F<sub>2</sub> при дихибридно кръстосване е в девет генотипни класа в съотношение 1:2:1:2:4:2:1:2:1, а по фенотип в 4 класа в съотношение 9:3:3:1 (Втори закон на Мендел).

От резултатите, получени при опитите за моно- и дихибридно кръстосване, Мендел направил изводи, които днес наричаме закони на Мендел. По-късно тяхната валидност е била потвърдена от изследванията на Х. де Фриз, К. Коренс, Е. фон Чермак и други учени. Накратко тези изводи могат да бъдат формулирани по следния начин:

**Закон за доминирането (първи закон).** При кръстосване на индивиди, които се различават по една или няколко алтернативни двойки белези, във F<sub>1</sub> се получава еднообразно потомство. Еднообразието е резултат от доминирането – от всяка двойка белези се проявява само доминантният.

**Закон за разпадането (втори закон).** Във F<sub>2</sub> се проявяват и рецесивните белези. Нарушава се еднообразието на хибридите. Белезите се разпадат в отношение 3:1 за всяка алтернативна двойка.

**Закон за независимото комбиниране (трети закон).** Алелите на различните гени се

комбинират в гаметите на хибридите от F1 независимо от това дали са доминантни или рецесивни. В резултат на случайното оплождане между гаметите белезите, определяни от различните гени, се унаследяват независимо един от друг и се комбинират по всички възможни начини. Той не е в сила при скачени гени.

След разглеждане на решетката на Пънет се забелязва, че хибридите от F2 имат различни генотипове. В едни от тях рецесивните алели на единия или и на двата гена са в хомозиготна комбинация. Тогава се проявяват и съответните рецесивни белези. Когато обаче в хибридните индивиди са проявени единият или и двата доминантни белега, съответните генотипове не са изцяло известни. Те може да са хомозиготни по доминантните алели, но може и да са хетерозиготни. Сигурно е само това, че в тях има доминантен алел на единия или и на двата гена. Определянето на такива генотипове може да стане само по опитен път.

Ако това са самоопрашващи се растения, те оставят да се самоопрашат. Ако полученото от самоопрашването поколение е еднородно по отношение на доминантния белег, то анализираният индивид е хомозиготен по доминантните алели на дадения ген. Ако в потомството става разпадане на белега, т.е. то е разнородно и в него се проявява и рецесивен белег, то анализираният индивид е хетерозиготен.

При всички животни и при растенията, които не могат да се самоопрашат, за определянето на генотипа се използва т.нар. анализиращо кръстосване.

Това е кръстосване на хибриден индивид с проявен доминантен белег с неговия рецесивен родител или с друг индивид с проявен рецесивен белег.

Ако в полученото поколение няма разпадане на белезите, то анализирания индивид е хомозиготен по доминантните алели, а всичките индивиди от потомството са хетерозиготни. Ако в полученото поколение има и индивиди с проявен рецесивен белег, т.е. става въпрос за разпадане на белезите, то анализираният индивид е хетерозиготен. В поколението има хетерозиготни и хомозиготни по рецесивните алели индивиди. Ако то е достатъчно многочислено, това разпадане ще бъде в отношение 1:1.

Независимото унаследяване на признаците Мендел доказва чрез анализиращо

кръстосване на индивид от F1 с индивид, който е хомозиготен по двата рецесийни алела (ууrr) – анализатор. Хетерозиготният индивид образува четири типа гамети с еднаква честота – YR, Yr, yR, yr, а ууrr растението образува гамети само с алелите yr. Фенотипите на поколението са жълти гладки, жълти грапави, зелени гладки и зелени грапави в съотношение 1:1:1:1. Съотношението на фенотипите е резултат от съотношението на гаметите, получени от двойния хетерозиготен индивид. Резултатите са едни и същи, независимо от това кое растение (хбридът или анализаторът) е използвано като майчино. Гаметите се комбинират случайно и благодарение на това се образуват нови комбинации от признаци в хбридите – зелени и гладки и жълти и набръчкани семена.

Появата на нови комбинации при хбридизация се нарича комбинативна изменчивост.

Генетиката е наука, която изучава основните свойства на организмите – наследственост и изменчивост. Наследствеността се изразява в предаване на наследствената информация в поколенията при размножаването. Изменчивостта е свързана с придобиване на нови признаци.

Дихибридно е кръстосване, при което се проследява едновременно унаследяване на два признака. Получените хбриди се наричат дихибриди. Закономерностите от хбридологичния анализ за унаследяване на признаците са отразени в три закона. Закон за еднообразието на индивидите в първо хбридно поколение – всички индивиди от първо хбридно поколение са фенотипно еднакви, а генотипно са хетерозиготни. Закон за разпадане на признаците във второто поколение – във второто хбридно поколение признаците се разпадат в строги количествени съотношения. Зрелите гамети са чисти – те носят само по един алел от всяка алелна двойка. Закон за независимото унаследяване на признаците – валиден е само в случаите, когато гените се намират в нехомоложни хромозоми.