

Додаткова інформація з розділу 2 «Закономірності спадковості й мінливості»

Генетика як наука

Закономірності спадковості й мінливості, а також методи управління ними вивчає наука *генетика* (від грецьк. *genesis* – походження). Її засновником був чеський монах Г. Мендель (1822–1884), який відкрив закономірності незалежного успадкування ознак на модельному об'єкті – горосі. Для дослідження Г. Мендель обрав такі ознаки, що мають альтернативні (контрастні) прояви: забарвлення та форму насіння й плоду, забарвлення віночка квітки та її положення на пагоні, довжину стебла.

Успіх Г. Менделя був забезпечений тим, що він:

- обрав удалий об'єкт для дослідження (горох посівний), який має короткий термін вегетації, легко культивується, є самозапильною рослиною, дає значну кількість насіння і представлений великою кількістю сортів із добре помітними ознаками;
- використовував лише чисті лінії гороху, які впродовж декількох поколінь не давали розщеплення ознак в потомстві;
- провів ретельне планування експерименту;
- спочатку вивчав успадкування однієї ознаки, а потім двох;
- складав чіткі схеми схрещування;
- дотримувався процедури експерименту задля виключення впливу інших чинників, які можуть спотворювати результати;
- проводив точний кількісний підрахунок одержаного потомства;
- використовував статистичні методи обробки отриманих даних.

Результати своїх експериментів Г. Мендель узагальнив у статті «Досліди над рослинними гібридами», яка вийшла в 1866 році в журналі «Праці Брюннського товариства дослідників природи». Ця стаття стала класичною, бо саме з неї почалася наука генетика.

Але сучасники не зрозуміли змісту відкриття Менделя, і знадобилося декілька десятиріч для того, щоб відбулося повторне незалежне відкриття цих закономірностей. Воно було зроблене 1900 року вченими-біологами Гуго де Фрізом, Карлом Корренсом та Еріхом Чермаком і дало новий поштовх розвитку генетики.

Методи генетики

Генетика використовує гібридологічний, генеалогічний, цитогенетичний, біохімічний, молекулярно-генетичний, популяційно-статистичний, дерматогліфічний методи, метод близнюків, гібридизацію соматичних клітин тощо.

Гібридологічний метод є базовим методом генетики, який уперше застосував Г. Мендель. **Генеалогічний метод** – метод складання родоводів, за допомогою яких визначають характер успадкування ознак, що вивчаються. **Метод близнюків** допомагає визначити вплив спадковості та умов довкілля у формуванні ознаки на підставі аналізу прояву ознаки в однайцевих близнюків. **Цитогенетичний метод** заснований на дослідженні характеристик каріотипу: числа, форми та розмірів хромосом. **Популяційно-статистичний метод** акцентує увагу на генетичному складі й структурі популяції, прогнозі її динаміки, генетичному вантажі та інших показниках.

Важливими є **методи молекулярної біології**: секвенування генів, полімеразна ланцюгова реакція, застосування генетичних маркерів. Ці методи дозволяють працювати з молекулами нуклеїнових кислот і білків.

У результаті секвенування ДНК біологи встановлюють послідовність нуклеотидів у певному гені або в цілому геномі. Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) за допомогою ферментів дає можливість багаторазово копіювати окремі фрагменти ДНК, значно збільшуючи їх концентрацію. Такий процес називають ампліфікацією. У результаті ампліфікації з невеличкого фрагменту ДНК можна отримати достатню для аналізу кількість таких фрагментів. Полімеразна ланцюгова реакція дає можливість проводити

різні маніпуляції з генетичним матеріалом: клонувати гени, проводити секвенування.

Ще один молекулярний метод – *метод генетичних маркерів* – полягає в ідентифікації (тобто визначенні) певних генів або ділянок ДНК за допомогою притаманних лише їм послідовностей нуклеотидів. Молекулярно-генетичні маркери використовуються для порівняння різних груп живих організмів. За допомогою цього методу можна виявляти певні генні мутації, шукати і знаходити генетичні маркери, які є специфічним для того чи іншого біологічного виду або окремого організму.

Основні поняття генетики

Ген – це ділянка молекули ДНК, яка несе інформацію про певну ознаку або властивість організму. Деякі гени здатні впливати на прояв одразу декількох ознак. Таке явище називається *плейотропією*. Кожен ген займає в хромосомі певне місце – *локус*. Оскільки в соматичних клітинах більшості еукаріотичних організмів хромосоми є парними (гомологічними), у кожній із парних хромосом знаходиться по одній копії гена, що відповідає за розвиток певної ознаки. Такі гени називаються *алельними*.

Алельні гени найчастіше існують у двох варіантах – домінантному і рецесивному. *Домінантним* називають алель, який проявляється в гетерозиготі. Домінантні алелі позначаються зазвичай прописними літерами латинського алфавіту (*A, B, C* тощо), тоді як рецесивні – рядковими (*a, b, c* та ін.). *Рецесивні алелі* здатні проявляти свої ознаки лише в гомозиготі.

Гомозиготним називається організм, у якого в обох гомологічних хромосомах знаходяться однакові алелі. Гетерозиготним називається організм, у якого в гомологічних хромосомах знаходяться різні варіанти гена – домінантний та рецесивний.

Деякі гени мають три та більше алелей, тобто різних форм одного й того ж гена. Наприклад, групи крові за системою АВО кодуються трьома алелями – I^A , I^B та i . Таке явище називається *множинним алелізмом*. Проте

навіть у цьому випадку кожна хромосома з пари несе лише один алель, тобто всі три варіанти гена не можуть бути представлені в генотипі одного організму.

Геномом називають сукупність генів, притаманну гаплоїдному набору хромосом, що характерні для певного виду. **Генотип** – це сукупність генів певного організму. **Фенотип** – сукупність ознак і властивостей організму, які є результатом взаємодії генотипу та навколишнього середовища.

Оскільки організми відрізняються один від одного за багатьма ознаками, установити закономірності їхнього успадкування можливо при здійсненні схрещувань. Схрещування, за якого розглядається успадкування і проводиться точний кількісний облік потомства за однією парою ознак, називається **моногібридним**, за двома парами – **дигібридним**, за більшою кількістю ознак – **полігібридним**.

Закони Грегора Менделя

Закон одноманітності гібридів першого покоління: при схрещуванні гомозиготних батьківських форм, які відрізняються за однією парою альтернативних ознак, усі гібриди першого покоління будуть одноманітними як за генотипом, так і за фенотипом.

Закон розщеплення: при схрещуванні гетерозиготних гібридів першого покоління в потомстві спостерігається переважання однієї з ознак у співвідношенні 3:1 за фенотипом (1:2:1 за генотипом).

Закон незалежного розщеплення ознак: при схрещуванні гетерозиготних батьківських форм, які відрізняються за двома парами альтернативних ознак, відбувається незалежне розщеплення за кожною з ознак у співвідношенні 9:3:3:1. Цей закон Менделя стосується лише ситуації незалежного успадкування, коли гени розташовані в різних парах гомологічних хромосом. Якщо гени розташовані в одній парі гомологічних хромосом, то вони успадковуються сумісно, спостерігається зчеплене

успадкування. Закономірності незалежного успадкування ознак не працюють при ситуації взаємодії генів.

Закон чистоти гамет

Алельні гени, або алелі (від лат. *allelos* – протилежний) – це різні форми одного й того ж гена, що займають однакові локуси гомологічних хромосом і визначають альтернативні стани тієї самої ознаки.

Мендель припустив, що кожен організм одержує від батьків по одному алелю з алельної пари, при цьому батьківські гени під час утворення гібридів не змішуються. Він також припустив, що при утворенні гамет у кожному з них потрапляє лише один алель з алельної пари. Ці припущення має назву закону чистоти гамет.

Закон чистоти гамет: при гаметогенезі в кожному з гамет потрапляє лише один алель із пари алелей певного гена батьківської особини. У нормі гамета завжди чиста від другого гена алельних пари. Цей факт, який за часів Менделя не міг бути твердо встановлено, називають також гіпотезою чистоти гамет.

Статистичний характер закономірностей незалежного успадкування

Досліджуючи успадкування ознак гороху, Г. Мендель виходив із того, що ознаки визначаються парами генів, а ймовірність утворення кожного з типів гамет є однаковою і дорівнює 50 % (або $\frac{1}{2}$) при моногібридному схрещуванні. Зустріч гамет під час запліднення є також випадковою і має рівну ймовірність. Особливо наочно це виявляється при схрещуванні гетерозиготних особин, у яких половина гамет нестиме домінантний алель, тоді як інша половина – рецесивний.

Оскільки гетерозиготні особини матимуть такий самий фенотип, як і гомозигота за домінантним алелем, ймовірність утворення особин із домінантною ознакою дорівнюватиме $\frac{3}{4}$, а з рецесивною ознакою – $\frac{1}{4}$. Тобто розщеплення за фенотипом становитиме 3:1. Результати реального

схрещування наблизатимуться до теоретично очікуваного розщеплення лише за умови аналізу якнайбільшої кількості нащадків.

При дигібридному схрещуванні гетерозигот за двома генами кожен організм утворюватиме по чотири типи гамет (імовірність утворення кожної з них дорівнюватиме $1/4$), фенотипічних класів при цьому буде всього 4, а їх співвідношення становитиме 9:3:3:1.

Випадковий характер розподілу генів під час утворення гамет та їхнього комбінування під час запліднення призводить до прояви при успадкуванні ознак певних статистичних закономірностей.

Цитологічні основи закономірностей спадковості

Дослідження хромосом під час мейозу та запліднення дозволили Теодору Бовері та Уолтеру Сеттону у 1903 році висловити припущення, що гени мають бути розташовані в хромосомах. Оскільки кількість ознак у кожного організму перевищує кількість його хромосом, то кожна хромосома має містити багато генів. Ці висновки згодом стали основою хромосомної теорії спадковості.

Положення хромосомної теорії спадковості.

- Гени знаходяться в хромосомах.
- Гени однієї хромосоми успадковуються зчеплено й називаються групою зчеплення.
- Кількість груп зчеплення в організмі дорівнює гаплоїдному набору хромосом.
- Кожний ген займає в хромосомі певне місце – локус.
- Гени в хромосомах розташовані лінійно.
- Порушення зчеплення відбувається лише в результаті кросинговеру.
- Відстань між генами в хромосомі пропорційна відсотковій кросинговеру між ними.

- Незалежне успадкування притаманне лише генам, що знаходяться в негомологічних хромосомах.

Провівши велику кількість схрещувань і проаналізувавши ознаки значної кількості нащадків, можна визначити відстань між генами і створити **генетичні карти**. Зазвичай визначають частоту кросинговеру щонайменше між трьома генами одночасно, що дозволяє визначити не тільки відстань між генами, а і їх взаємне розташування.

Генетичні карти хромосом є графічними схемами взаємного розташування генів у хромосомах із зазначенням відстані між ними, вираженого в певних одиницях (морганідах). Морганіда (від імені американського біолога Томаса Моргана) – це одиниця відносної генетичної відстані між генами, що визначається частотою кросинговеру. Одна морганіда відповідає частоті кросинговеру в 1%. Генетична відстань, яка виражається в морганідах, у цілому відповідає реальній фізичній відстані між генами. В іноземній літературі термін «морганіди» не вживається.

Генетичні карти хромосом створені для багатьох експериментальних об'єктів генетики: дрозозфіли, миші, людини, кукурудзи, пшениці, гороху тощо.

Генетичні основи визначення статі в різних груп організмів

У людини, більшості ссавців та мушки дрозозфіли гомогаметною є жіноча стать (XX), тоді як чоловіча – гетерогаметною (XY). У птахів, навпаки, гомогаметною є чоловіча стать (ZZ або XX), а жіноча – гетерогаметною (ZW або XY). У коваликів, деяких клопів та метеликів самці мають на одну хромосому менше, ніж самиці, їхній каріотип записується як XO.

Бджоли відрізняються від інших організмів тим, що самиці в них розвиваються із запліднених, а самці – з незапліднених яєць. Співвідношення статей у їхніх популяціях відрізняється від вищезгаданого, оскільки процес

запліднення регулює матка, у статевих шляхах якої з весни запасено сперматозоїди на рік уперед.

У деяких організмів стать може визначатися в інший спосіб: до запліднення або після нього, а також змінюватися залежно від умов зовнішнього середовища.

Генотип як цілісна система. Взаємодія генів

Генотип не є механічною сумою генів, оскільки можливість прояву гена та форма цього прояву значною мірою залежать від умов середовища. У цьому випадку під середовищем розуміється не лише навколишнє, а й генотипове середовище – інші гени.

До *взаємодії алельних генів* відносять повне й неповне домінування, кодомінування та наддомінування.

Повним домінуванням вважають усі випадки взаємодії алельних генів, у яких у гетерозиготі спостерігається лише прояв домінантної ознаки.

Неповне домінування – це тип взаємодії алельних генів, за якого прояв рецесивного алеля більш або менш послаблює прояв домінантного алеля. Тому гетерозигота за фенотипом відрізняється від домінантної гомозиготи.

Кодомінуванням називають такий тип взаємодії алельних генів, за якого обидва алелі виявляються, не послаблюючи ефектів один одного. Прикладом кодомінування є IV (AB) група крові в людини. Її генотип – $I^A I^B$.

Наддомінування – явище, за якого в гетерозиготному стані домінантна ознака проявляється набагато сильніше, ніж у гомозиготному, воно часто використовується в селекції і вважається причиною *гетерозису* – явища гібридної сили.

Особливим випадком взаємодії алельних генів можна вважати так звані *летальні гени*, які в гомозиготному стані призводять до загибелі організму найчастіше в ембріональному періоді.

До *взаємодії неалельних генів* відносять *комплементарність*, *епістаз*, *полімерію*, *плейотропію*.

Комплементарність є таким типом взаємодії неалельних генів, за якого для прояву певного стану ознаки необхідна присутність щонайменше двох домінантних генів різних пар: (*AAbb*) та (*aaBB*). Тобто при комплементарності один домінантний ген доповнює дію іншого неалельного домінантного гена, і вони разом визначають нову ознаку, яка відсутня у батьків.

До **епістазу** відносять таку взаємодію неалельних генів, за якої один неалельний ген пригнічує розвиток ознаки іншого неалельного гена. Пригнічення можуть викликати як домінантні, так і рецесивні гени. Тому розрізняють домінантний епістаз і рецесивний епістаз. Ген, який пригнічує, отримав назву **інгібітор**. Гени-інгібітори зазвичай не визначають розвиток певної ознаки, а лише пригнічують дію іншого гена.

Полімерія – один із типів взаємодії неалельних генів, за якого ступінь розвитку однієї тієї самої ознаки обумовлена впливом великої кількості генів. Полімерія широко розповсюджена в природі. За типом полімерії успадковуються такі ознаки, як висота рослин, тривалість вегетаційного періоду, кількість білка в зерні, уміст вітамінів у плодах, швидкість росту та маса тварин.

Мінливість – важлива властивість живого

Живим організмам притаманна властивість набувати нових ознак протягом життя, тобто **мінливість**. Її поділяють на спадкову, або генотипічну, та неспадкову, або фенотипічну. **Неспадкова**, або **групова**, мінливість не пов'язана зі змінами генотипу і не передається з покоління в покоління. Вона представлена насамперед модифікаційною мінливістю.

Спадкова мінливість закріплюється в генотипі й передається потомству. Вона є основою різноманітності живих організмів та еволюції в цілому. Ч. Дарвін називав її невизначеною, індивідуальною мінливістю, указуючи на її ненаправлений, випадковий характер та відносну рідкість

виникнення. До спадкової мінливості відносять, перш за все, комбінативну та мутаційну мінливості.

Модифікаційна мінливість

Модифікаціями називають суто фенотипічні зміни організму. Вони є результатом взаємодії генотипу та навколишнього середовища. Прикладом модифікаційної мінливості є наявність листків різної форми в рослин, якщо вони знаходяться в різних умовах середовища. Наприклад, у стрілолисту надводні листки мають традиційну стрілоподібну форму, плаваючі – круглясту, а підводні – видовжену. Людина також підлягає впливові навколишнього середовища, поступово набуваючи на сонці більш смаглявого відтінку шкіри («засмаги»), який, проте, не успадковується.

Розмах параметрів модифікаційної мінливості за різних умов докільця називається **нормою реакції**. Вона може бути широкою й вузькою. Як правило, кількісні ознаки (удійність корів, урожайність пшениці) мають більш широку норму реакції, ніж якісні ознаки (колір очей, форма вушної раковини).

Норма реакції сформувалася в процесі еволюції, оскільки за конкретних умов середовища виживали лише ті організми, фенотипічні зміни яких сприяли їхньому існуванню, тобто норма реакції має пристосувальний характер.

Дослідивши конкретну ознаку в багатьох особин, можна встановити статистичний характер її розподілу в популяції, при цьому найчастіше зустрічається середнє значення ознаки, тоді як її крайні прояви є достатньо рідкісними. На підставі вимірювань або зважувань будуються **варіаційні криві** ознак – графічні зображення частоти, з якою зустрічається ознака в популяції.

Хоча модифікаційна мінливість не успадковується, вона є своєрідною перевіркою правильності вибраної стратегії адаптації до певних умов

середовища, і згодом можлива поява мутацій, які б закріплювали генетично кращі варіанти модифікацій.

Комбінативна мінливість

Комбінативною називають мінливість, зумовлену поєднанням генів, які новий організм одержує від батьків у процесі запліднення. Її біологічною основою є незалежне розходження хромосом в анафазі I мейозу, рекомбінація генів при кросинговері та випадковість зустрічі гамет при заплідненні. Уся генотипічна та фенотипічна різноманітність особин будь-якої систематичної групи є результатом комбінативної мінливості, оскільки тільки в цьому процесі виникають унікальні поєднання генів та встановлюються нові взаємодії між ними, що зрештою й визначає виникнення нових ознак та властивостей організмів.

Мутаційна мінливість

Мутаційна мінливість – це форма мінливості, викликана мутаціями. **Мутацією** називається раптова природна або викликана штучно зміна генетичного матеріалу, що призводить до зміни тих чи тих ознак організму.

Існує декілька класифікацій мутацій.

За місцем виникнення їх поділяють на **соматичні** й **генеративні**. Найбільш небезпечними є генеративні мутації, оскільки вони не відбиваються на життєдіяльності батьківських особин, проявляючись лише в нащадків.

За впливом на життєздатність організмів виділяють летальні мутації, нейтральні мутації, мутації, що знижують життєздатність і вітальні – ті, що підвищують життєздатність.

Залежно від того, на якому рівні організації генетичного матеріалу виникає мутація, розрізняють генні, хромосомні й геномні мутації.

Генні, або *точкові, мутації* – це мутації, пов’язані з перестановками нуклеотидів у гені. Такі хвороби, як гемофілія, дальтонізм, серповидно-клітинна анемія, виникають через генні мутації.

Хромосомні мутації характеризуються змінами в структурі хромосом.

Геномними називають мутації, пов’язані зі зміною числа хромосом. Зміна кількості хромосом на число, кратне гаплоїдному набору хромосом, називається **поліплоїдією**. Поліплоїдія широко використовується при виведенні нових сортів рослин, оскільки поліпоїди є більш продуктивними.

Зміна числа хромосом на некрратне гаплоїдному набору називається **анеуплоїдією**. У тварин і людини анеуплоїдії викликають важкі розлади стану здоров’я й часто є смертельно небезпечними. Приклади анеуплоїдій у людини – синдроми Дауна, Шерешевського-Тернера, Клайнфельтера.

Мутагени

Мутації виникають або **спонтанно**, під дією внутрішніх чинників, або викликаються зовнішніми чинниками, які називають **мутагенами**. Мутагени поділяють на фізичні, хімічні й біологічні. **Фізичними мутагенами** є іонізуюча радіація, ультрафіолетове випромінювання, підвищені та знижені температури тощо. **Хімічними мутагенами** є органічні розчинники, нафтопродукти, солі важких металів, деякі лікарські препарати, а також алкоголь, нікотин та наркотичні речовини. Біологічними мутагенами є специфічні послідовності ДНК – мобільні елементи геному, деякі віруси (вірус кору, краснухи, грипу), продукти обміну речовин (наприклад, продукти окиснення ліпідів), антигени деяких мікроорганізмів. Усі мутагени негативно впливають на матеріальну основу спадковості – молекулу ДНК.

Закон гомологічних рядів спадкової мінливості

На підставі вивчення ознак культурних рослин та близьких до них диких видів генетик і селекціонер Михайло Іванович Вавилов відкрив у 1920 році **закон гомологічних рядів спадкової мінливості**: «Генетично близькі

види й роди характеризуються схожими рядами спадкової мінливості з такою правильністю, що, знаючи ряд форм у межах одного виду, можна передбачати знаходження паралельних форм в інших видів та родів. Чим ближче генетично розташовані в загальній системі роди й види, тим повнішою є схожість у рядах їхньої мінливості». Відкриття цього закону було дуже важливим для практичної селекції, бо дозволило припустити наявність ще не знайдених форм злаків, які згодом були знайдені, описані та використані в селекції культурних рослин.

Завдання і методи селекції

Селекція – це наука про методи створення порід домашніх тварин, сортів культурних рослин та штамів мікроорганізмів із потрібними для людини властивостями. Під селекцією розуміють і сам процес зміни живих організмів, здійснюваний людиною для своїх потреб, і науку, яка зветься селекцією.

Задачею сучасної селекції є підвищення продуктивності сортів рослин та порід тварин. Основними методами селекції є гібридизація та штучний добір. На сучасному етапі розвитку цієї науки широко застосовуються також штучний мутагенез, методи біотехнології, клітинної та генної інженерії, клонування тощо.

Гібридизація – це процес створення або отримання гібридів, в основі якого лежить об'єднання генетичного матеріалу різних особин. Для досягнення результату в процесі гібридизації особлива увага приділяється підбору батьківських пар. У селекції рослин підбір ведеться за певними ознаками з урахуванням генетичної й географічної віддаленості, а в селекції тварин – за господарсько-цінними ознаками, які визначають за екстер'єром, родоходом, потомством.

Розрізняють споріднену й неспоріднену гібридизацію.

Споріднене схрещування – **інбридинг** – дає можливість виведення чистих ліній, але при цьому знижується життєздатність потомства внаслідок

переходу генів, що знижують життєздатність, у гомозиготний стан. Неспоріднене схрещування – *аутбридинг* – буває внутрішньовидовим та міжвидовим, його особливим випадком є віддалена гібридизація. Аутбридинг у першому поколінні дає ефект гетерозису. *Гетерозис* – це явище підвищення життєвої сили в гібридів першого покоління.

Штучним добором називають процес створення нових порід тварин та сортів культурних рослин шляхом систематичного збереження й розмноження особин із певними, цінними для людини ознаками та властивостями в низці поколінь.

Виділяють дві форми штучного добору: *несвідомий*, який ведеться без певного плану, та *методичний*, здійснюваний за певним планом. Прикладом штучного добору є виведення порід домашніх голубів від дикого скелястого голуба.

Штучний добір застосовується у формі *масового добору* (для рослин і мікроорганізмів) та *індивідуального добору* (для тварин і самозапильних рослин).

Штучний, або експериментальний, мутагенез – це отримання мутацій за допомогою мутагенів. За його допомогою були одержані, наприклад, високопродуктивні поліплоїдні форми рослин.

Центри різноманітності та походження культурних рослин. Райони одомашнення тварин

Першим етапом процесу селекції є *одомашнення, або доместикація*, у процесі якої йшов добір за поведінкою тварин та на здатність розмножуватися під контролем людини. Одомашнення дозволило людині зберегти в рослин і тварин величезну різноманітність ознак, зокрема несприятливих для виду. Людина окультурила понад 150 видів рослин та близько 20 видів тварин.

Видатний генетик і селекціонер Михайло Іванович Вавилов, у ході численних експедицій по п'яти континентах планети, вивчив світові рослинні

ресурси і встановив, що найбільша різноманітність форм певного виду притаманна тим районам, де цей вид був введений у культуру. Відповідно до цієї думки, він визначив сім центрів походження культурних рослин. Окрім того, науковець зібрав світову колекцію культурних рослин, яка досі використовується для виведення нових сортів.

Центри походження культурних рослин

Назва центру	Географічне положення	Для яких культурних рослин цей центр є батьківщиною
Південноазіатський тропічний	Тропічна Індія, Індокитай, Південний Китай, острови Південно-Східної Азії	Рис, цукровий очерет, цитрусові, огірок, баклажан, чорний перець та ін., у цілому – 50 % культурних рослин
Східноазіатський	Центральний та Східний Китай, Японія, Корея, Тайвань	Соя, просо, гречка, плодові та овочеві культури – слива, вишня, редька та ін., загалом – 20 % культурних рослин
Південнозахідноазіатський	Мала Азія, Середня Азія, Іран, Афганістан, Південно-Західна Індія	Пшениця, жито, бобові культури, льон, коноплі, ріпа, морква, часник, виноград, абрикоса, груша та ін. (загалом – 14 % культурних рослин)
Середземноморський	Країни уздовж берегів Середземного моря	Капуста, цукровий буряк, маслини, конюшина, чечевиця, кормові трави (загалом – 11 %

Назва центру	Географічне положення	Для яких культурних рослин цей центр є батьківщиною
		культурних рослин)
Абіссінський	Абіссінське нагір'я Африки	Тверда пшениця, ячмінь, кавове дерево, сорго, банани
Центральноамериканський	Південна Мексика	Кукурудза, довговолоknистий бавовник, какао, гарбуз, тютюн
Південноамериканський	Південна Америка вздовж західного узбережжя	Картопля, ананас, хінне дерево