

Міністерство освіти і науки України

**ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький
ДПУ імені Григорія Сковороди»**

Людмила Довгопола

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ І ГЕНЕТИКИ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

для здобувачів вищої освіти напрямку підготовки
014.07 Середня освіта (Географія). Спеціалізація (Біологія)

**Переяслав-Хмельницький
2019**

Друкується за ухвалою вченої ради ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди» (протокол №2 від 18 вересня 2019 р.)

Рецензенти:

Ю. П. Шапран – доктор педагогічних наук, професор кафедри біології і методики навчання ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький ДПУ імені Григорія Сковороди»;

І. С. Каменська – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри теорії і методики професійної підготовки «Переяслав-Хмельницький ДПУ імені Григорія Сковороди»;

І. Г. Ольшанський – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України.

Л. Довгопола Основи молекулярної біології і генетики: навч.-мет. пос. для здобувачів вищої освіти напряму підготовки 014.07 Середня освіта (Географія). Спеціалізація (Біологія). Переяслав-Хмельницький (Київ. обл.): – Домбровська Я. М., 2019. 82 с.

Навчально-методичний посібник уміщує вказівки до лабораторних робіт і побудований з урахуванням завдань курсу «Основи молекулярної біології і генетики», передбачених навчальною програмою закладів вищої освіти. Призначений для студентів напряму підготовки **014.07 Середня освіта (Географія). Спеціалізація (Біологія)**, денної та заочної форм навчання.

ЗМІСТ	
ВСТУП	4
<i>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1</i>	
НУКЛЕЙНОВІ КИСЛОТИ – ДНК І РНК.....	7
<i>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2</i>	
РЕПЛІКАЦІЯ ДНК. ГЕНЕТИЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ КЛІТИНИ (РЕПАРАЦІЯ).....	16
<i>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3</i>	
ТРАНСКРИПЦІЯ ДНК У ПРОКАРІОТІВ ТА ЕУКАРІОТІВ...	29
<i>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4.</i>	
ТРАНСЛЯЦІЯ.....	35
<i>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5</i>	
ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ ВНУТРІШНЬОВИДОВІЙ ГІБРИДИЗАЦІЇ.....	46
<i>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6</i>	
УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ ВЗАЄМОДІЇ АЛЕЛЬНИХ І НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ.....	55
<i>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7</i>	
УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ.....	67
<i>ЛІТЕРАТУРА</i>	73
<i>ДОДАТКИ</i>	76

ВСТУП

Основи молекулярної біології і генетики – курс, який вивчає біологічні процеси на рівні біополімерів – нуклеїнових кислот і білків та їх надмолекулярних структур. Фундаментальними завданнями молекулярної біології є встановлення молекулярних механізмів основних біологічних процесів, таких як відтворення та реалізація генетичної інформації, біосинтез білків й інших біополімерів зумовлених структурно-функціональними властивостями й взаємодією нуклеїнових кислот і білків, вивчення регуляторних механізмів даних процесів, закономірностей успадкування ознак і властивостей тощо.

Навчально-методичний посібник «Основи молекулярної біології і генетики» до лабораторних робіт рекомендований здобувачам вищої освіти напряму підготовки 014.07 Середня освіта (Географія). Спеціалізація (Біологія), освітнього рівня «бакалавр», природничо-технологічного факультету, денної форми навчання, викладачам закладів вищої освіти, вчителям й учням 9-11 класів закладів загальної середньої освіти, абітурієнтам.

Логіка посібника віддзеркалює основні положення освітньо-професійної програми зазначеного курсу. Лабораторні заняття у навчально-методичному посібнику побудовано за єдиним планом, а саме: подано формулювання теми, мети, матеріали й обладнання, основні теоретичні положення та хід виконання лабораторної роботи. Після кожного заняття, із метою самостійного опрацювання, запропоновані задачі різного ступеня складності з усіх розділів молекулярної біології і генетики, їх алгоритми розв'язку, що спрощує засвоєння теоретичного матеріалу та вдосконалює методику їх розв'язування. Уміння їх розв'язувати є необхідною умовою для ґрунтовного засвоєння знань із курсу, сприйняття закономірностей успадкування на молекулярному й генетичному рівнях.

Мета курсу – сформувати у студентів уявлення про молекулярні механізми функціонування живої клітини в складі багатоклітинного організму, будову та функціонування

біологічних молекулярних систем, закономірності та механізми спадковості й мінливості і вміння практичного застосування молекулярно-генетичних знань у процесі професійної діяльності.

Завдання курсу:

– теоретичні – опанувати основами генетичних знань про функціонування біологічних систем різних рівнів складності, а також про специфіку функціонування ядерного й цитоплазматичного геномів та їх взаємодію; встановлення молекулярних механізмів основних біологічних процесів, таких як відтворення та реалізація генетичної інформації, біосинтез білків й інших біополімерів зумовлених структурно-функціональними властивостями і взаємодією нуклеїнових кислот і білків, а також вивчення регуляторних механізмів даних процесів.

– практичні – навчити розв’язувати молекулярні та генетичні задачі, дати спеціальну підготовку здобувачам вищої освіти до проведення шкільних занять із розділу «Спадковість і мінливість організмів» (9-11 клас).

По закінченні вивчення курсу студент **повинен володіти такими компетентностями:**

1) інтегральна компетентність:

– здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у процесі професійної діяльності й навчання, що передбачає адекватне застосування сучасних теорій і методів генетики з основами селекції, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

2) загальні компетентності:

– знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; вміння виявляти, ставити та розв’язувати проблеми, приймати обґрунтовані рішення шляхом пошуку, обробки та аналізу інформації із різних джерел;

– здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;

– навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

– здатність проведення досліджень на відповідному рівні;

– здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

- здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- здатність розробляти та управляти проектами;
- навички здійснення безпечної діяльності;
- прагнення до збереження довкілля;

3) спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

- розуміння молекулярно-генетичних основ спадковості, досконале володіння спеціальною термінологією;
- розуміння закономірностей та принципів успадкування ознак, механізмів взаємодії алельних і неалельних генів;
- здатність до самостійного проведення генетичного аналізу успадкування ознак;
- розуміння механізмів визначення статі;
- здатність до розв’язування задач із молекулярної біології і генетики із урахуванням законів успадкування Г. Менделя і форм взаємодії генів, молекулярних процесів тощо;
- навички щодо застосування інформаційних систем проведенні дослідницької роботи;
- розуміння принципів будови і функціонування макромолекул (білків і нуклеїнових кислот);
- розуміння основних принципів реплікації, репарації ДНК;
- здатність за характеристиками нуклеотидних послідовностей визначати тип генома даного організму;
- розуміння ролі регуляторних елементів генів і регуляції транскрипції;
- здатність до прогнозування характеру розподілу нуклеотидних послідовностей у геномі певного типу;
- спроможність визначати за схемою білкового синтезу компоненти та фактори, що є необхідними для здійснення синтезу білка на різних його етапах.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема: *НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ – ДНК І РНК*

Мета: закріпити теоретичні знання про будову нуклеїнових кислот, навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

Матеріали і обладнання: таблиці, модель ДНК, задачі з молекулярної біології.

Питання теорії

1. Нуклеїнові кислоти як носій спадкової інформації:
 - а) історія дослідження нуклеїнових кислот;
 - б) види нуклеїнових кислот їх місцезнаходження, будова, біологічне значення;
 - в) генетична роль ДНК.
2. Компактизація ДНК і структура хроматину (гістонові, негістонові білки. нуклеосома, лінкер, соленоїд).
3. Первинна, вторинна, третинна структура ДНК. Правило Чаргаффа.
4. Модель Уотсона-Кріка молекули ДНК. Зв'язки, які зумовлюють стабільність подвійної спіралі. Різновидності ДНК (правозакручені та лівозакручені).
5. Види та структура РНК:
 - а) рибосомна (р-РНК);
 - б) інформаційна (м-РНК, або і-РНК);
 - в) транспортна (т-РНК).

Термінологічний апарат: нуклеїнові кислоти, нуклеотид, нуклеозид, пуринові основи, піримідинові основи, аденін, азотиста основа, вуглевод (пентоза), фосфорна кислота, гуанін, дезоксирибоза, дезоксирибонуклеотид, денатурація, деспіралізація, ДНК, ДНК-полімераза, екзонуклеаза, ендонуклеаза, зв'язок водневий і гідрофобний, зв'язок ковалентний, зв'язок фосфодієфірний, комплементарність (нуклеотидів), конформація, лігаза, лігування, нуклеаза, нуклеїнова кислота, нуклеозид, нуклеотид, піримідин, полімер, полінуклеотид, пурин, ренатурація, рибоза, рибонуклеотид, РНК, спіралізація, структура молекули первинна, вторинна,

третинна й четвертинна; суперспіралізація [надспіралізація] ДНК, тимін, топоізомераза, урацил, фермент, фосфорилування, цитозин.

Теоретична частина

Розрізняють два види нуклеїнових кислот: **ДНК і РНК**.

ДНК – це біополімер, який складається із двох спірально закручених один навколо одного, антипаралельних ланцюгів. Мономер молекули ДНК – **нуклеотид**. Нуклеотид ДНК складається із залишків:

- азотистих основ – аденіну (А), тиміну (Т), цитозину (Ц), гуаніну (Г);
- дезоксирибози;
- ортофосфатної кислоти.

Між нуклеотидами одного ланцюга – ковалентний фосфодієфірний зв'язок (дезоксирибоза – ортофосфатна кислота).

У 1953 р. Дж. Уотсон і Ф. Крік запропонували дволанцюгову модель вторинної структури ДНК. Згідно їх гіпотези ДНК складається із двох полінуклеотидних ланцюгів, закручених у праву спіраль один навколо другого та навколо спільної осі. Ці ланцюги є антипаралельними, утримуються разом водневими зв'язками між азотними основами, причому аденін завжди з'єднаний з тиміном, а гуанін із цитозином: А та Т – два зв'язки, Г і Ц – три зв'язки (рис. 1.1).

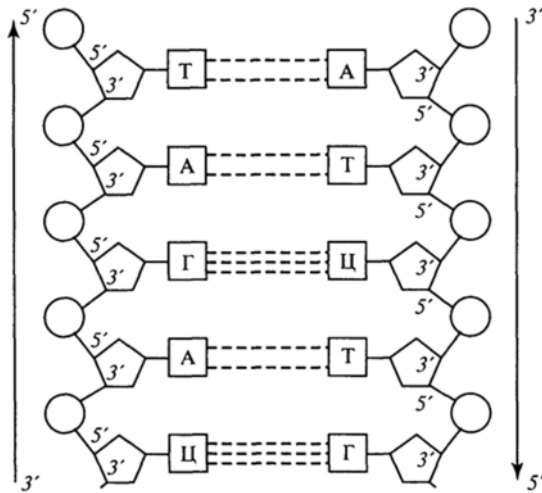


Рис.1.1. Схематичне зображення первинної та вторинної будови ДНК

Е. Чаргафф встановив, що в молекулі ДНК кількість аденіну дорівнює кількості тиміну, а кількість гуаніну – кількості цитозину, тобто $A=T$ і $G=C$. Звідси висновок, що $A+G=T+C$.

Співвідношення $G+C/A+T$ у різних видів відрізняється та називається **коефіцієнтом специфічності**. Для бактерій він дорівнює 0,45 – 0,28, а для рослин, тварин та людини – 0,45 – 0,94.

ДНК знаходиться у цитоплазмі прокаріот, в ядрі, мітохондріях, пластидах еукаріот.

Функції ДНК:

- зберігає спадкову інформацію;
- передає спадкову інформацію.

Властивості ДНК:

- здатність до самоподвоєння (реплікації). Реплікація відбувається у S – періоді інтерфази.
- репарація (лат. «відновлення») – самоліквідація пошкоджених ділянок ДНК.

Отже, полінуклеотидні ланцюги є комплементарними. Спіраль закручена таким чином, що на її поверхні утворюється

дві борозни: велика – шириною біля 2,20 нм і мала – шириною приблизно 1,20 нм. Діаметр спіралі становить 1,80 нм, довжина витка – 3,40 нм, в одному витку спіралі вміщується 10 пар нуклеотидних залишків. Пізніше було з'ясовано, що модель Дж. Уотсона і Ф. Кріка описує структуру однієї найбільш розповсюдженої подвійної спіралі, яка була названа В-формою або В-конформацією. Пізніше було встановлено існування інших форм ДНК, які можуть взаємно переходити одна в одну (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Параметри будови основних конформацій ДНК

Конформація	Довжина витка спіралі, нм	Відстань між нуклеотидами, нм	Кількість пар нуклеотидів на виток
В	3,40	0,34	10
А	2,80	0,25	11
С	3,10	0,32	9
Z	–	0,37	12

РНК – це біополімер, який складається із одного ланцюга. Мономер молекули РНК – нуклеотид. Нуклеотид РНК складається із залишків:

- азотистих основ – аденіну (А), урацилу (У), цитозину (Ц), гуаніну (Г);
- рибози;
- ортофосфатної кислоти.

Розрізняють три основні типи РНК, які відрізняються будовою і функціями:

- матрична РНК (м-РНК) чи інформаційна (і-РНК) – переносить інформацію від ДНК до місця синтезу білка;
- транспортна РНК (т-РНК) – складається із 75 – 90 нуклеотидів, має форму листка конюшини (рис. 1.2). Вона приєднує та транспортує амінокислоти до місця синтезу білка. У клітині є 61 вид т-РНК. Кожна з них має антикодон, за допомогою якого вона приєднується до комплементарного кодону м-РНК;

– рибосомальна РНК (р-РНК) – макромолекула (3000-5000 нуклеотидів), входить до складу рибосом. Існує всього три види р-РНК.

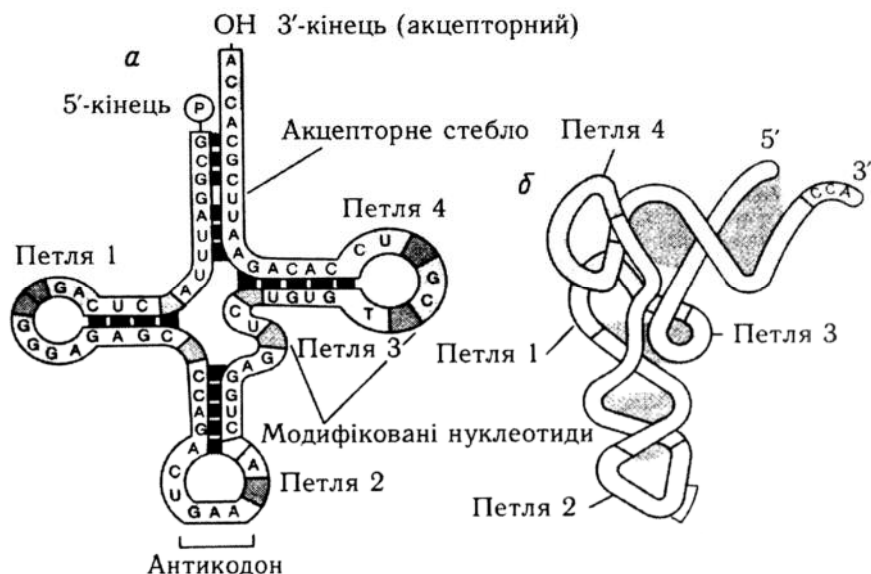


Рис. 1.2. Фенілаланінова т-РНК дріжджів
(за В. Тоцьким, 2008)

Хід роботи

1. Розглянути найважливіші конформації ДНК та деякі параметри їх будови.
2. Зарисувати схему ДНК та позначити основні складові (рис. 1.1).
3. Зарисувати вторинну будову т-РНК (рис. 1.2), вказати структурні частини молекули.
4. Розробити електронну презентацію на тему «Нуклеїнові кислоти їх біологічна роль»
5. Розробити інтерактивну технологію мозкового штурму з метою з'ясування відмінностей у будові ДНК і РНК.
6. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

Приклад

Визначте молекулярну масу та довжину гена, що складається із 510 нуклеотидів.

Дано: ген	Розв'язання
N нукл. = 510	$M_g (\text{гена}) = M_g (\text{нукл.}) \times N (\text{нукл.})$
$M_g (\text{гена}) - ?$	$L (\text{гена}) = \Delta L (\text{нукл.}) \times (N (\text{нукл.}) - 1)$
$L (\text{гена}) - ?$	$M_g (\text{гена}) = 300 \cdot 510 = 153000$
$M_g (\text{нукл.}) = 300$	$L (\text{гена}) = 0,34 \text{ нм} \cdot (510 - 1) = 173,06 \text{ нм}$
$\Delta L (\text{нукл.}) = 0,34 \text{ нм}$	

Відповідь: молекулярна маса даного гена 153000, довжина гена 173,06 нм.

1. Послідовність нуклеотидів у 1-му ланцюзі ДНК: Г–А–Ц–А–А–Ц–А–А–Т–Ц–А–Ц–Т–А–Т–А–Ц–Ц. Визначте

послідовність нуклеотидів у 2-му ланцюзі ДНК і розрахуйте коефіцієнт специфічності для цієї ділянки ДНК.

2. У людини частка гуанінового нуклеотиду становить 19,9% від загальної кількості. Визначте процентний вміст усіх інших нуклеотидів.

3. Фрагмент гена вміщує 40 нуклеотидів. Визначте кількість водневих зв'язків між азотистими основами, якщо відомо, що один ланцюг містить 4 аденілових нуклеотиди, 7 тимінових, 4 цитозинових і 5 гуанінових нуклеотидів.

4. Маса гену становить 62 100 у.о.м. Чому дорівнює довжина цього гену, якщо середня маса одного нуклеотиду дорівнює 345 у.о.м., а один нуклеотид займає відстань 0,34 нм.

5. Чому дорівнює маса гену, якщо його довжина на молекулі ДНК (конформація В) дорівнює 2000 витків?

6. Один ланцюг ДНК містить 35% аденіну і 15% цитозину, 22% тиміну. Яка кількість нуклеотидів міститься у комплементарному йому ланцюзі ДНК?

7. ДНК містить 15% аденіну. Чому дорівнює кількість у відсотках кожного нуклеотиду в ДНК?

8. У молекулі ДНК міститься 56 % ГЦ пар. Яка кількість у відсотках кожного нуклеотиду в ДНК?

9. Диплоїдний набір хромосом людини містить понад 6 мільярдів пар нуклеотидів. Яка загальна довжина хромосомної ДНК клітини? Порівняйте її із діаметром клітинного ядра (близько 2 мкм), зробіть із цього висновок.

10. Маса ДНК усіх клітин людини складає близько 0,5 г. Яка її довжина? Порівняйте її із відстанню від Землі до Місяця (384000 км). Узяти до уваги, що вага однієї тисячі нуклеотидних пар у молекулі ДНК складає $1 \cdot 10^{-18}$ г.

Завдання 7. Здійснити висновок про особливості будови і функцій нуклеїнових кислот, їх біологічну роль, заповнивши таблицю 1.2 «Порівняльна характеристика нуклеїнових кислот»

Таблиця 1.2

Ознаки	ДНК	РНК
Структура молекули		
Хімічний склад		
Різновиди		
Знаходження у клітині		
Властивості		
Функції, біологічна роль		

Тестовий контроль знань із теми «НУКЛЕІНОВІ КИСЛОТИ – ДНК І РНК»

1. Дезоксирибонуклеїнова кислота складається із:

- а) азотистих основ (пуринових і піримідинових), вуглеводу (рибози), залишку ортофосфорної кислоти;
- б) нуклеотидів;
- в) азотистих основ (пуринових і піримідинових), вуглеводу (дезоксирибози), залишку ортофосфорної кислоти.

2. Які нуклеотиди входять до складу рибонуклеїнової кислоти?

- а) аденін, гуанін, тимін, цитозин;
- б) урацил, цитозин, тимін, гуанін;
- в) гуанін, аденін, цитозин, урацил.

3. У яких організмів РНК виконує функцію генетичного апарата?

- а) у вірусі тютюнової мозаїки;
- б) у бактерій;
- в) у еукаріот.

4. Азотисті основи (аденін і тимін) в молекулі ДНК зв'язуються:

- а) двома водневими зв'язками;
- б) одним фосфодіефірним зв'язком;
- в) трьома водневими зв'язками.

5. У яких органелах клітин еукаріот міститься ДНК?

- а) ядрі, хлоропластах, мітохондріях;
- б) цитоплазмі, рибосомах, ендоплазматичній сітці;
- в) ядрі.

6. У якій переважно формі знаходиться ДНК у клітинах прокаріот (вірусів, бактерій)?

- а) лінійній;
- б) замкнутій у кільце;
- в) лінійній, замкнутій у кільце.

7. Транспортна РНК міститься у:

- а) цитоплазмі;
- б) ядрі;
- в) мітохондріях.

8. Хроматин – це

- а) комплекс гістонових білків із ДНК;
- б) комплекс РНК із білками;
- в) компактизована РНК.

9. Укажіть із яких компонентів складається третинна структура ДНК еукаріотичних клітин:

- а) ДНК із гістоновими та негістоновими білками, РНК та іони металів;
- б) ДНК із негістоновими білками;
- в) ДНК переплетена з РНК.

10. Укажіть функцію антикодону (триплету) т-РНК:

- а) місце приєднання відповідної амінокислоти;
- б) захист РНК від негативного впливу;
- в) триплет комплементарний кодону і-РНК, що кодує відповідну амінокислоту.

Висновки:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема: РЕПЛІКАЦІЯ ДНК. ГЕНЕТИЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ КЛІТИНИ (РЕПАРАЦІЯ).

Мета: закріпити знання про процес реплікації і репарації ДНК, навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

Матеріали і обладнання: таблиці, модель ДНК, задачі з молекулярної біології.

Питання теорії

1. Напівконсервативний механізм реплікації Дж. Уотсона і Ф. Кріка.
2. Основні етапи реплікації. Поняття ведучий та запізнілий ланцюг синтезу.
3. Ензимологія реплікації (ферменти та механізм їх дії).
4. Поняття про праймер. Гени ініціатори. Фрагменти Оказаки.
5. Типи репараційних систем прокариот.
6. Основні механізми роботи репараційних систем.
7. Світлова репарація.
8. Ексцизійна репарація.
9. Репарація неспарених основ. SOS-відповідь.
10. Мутагенез і репарація ДНК (експресивна, постреплікативна, індукована репарація).

Термінологічний апарат: реплікація, ініціаторні білки, ДНК-топоізомерази ДНК-геліказа, дестабілізуючий білок, ДНК-лігаза, ДНК-полімераза, ДНК-праймаза, ДНК-хеліказа, РНК-затравка, елонгація, інгібітор, ініціація, ланцюг ведучий і той що запізнюється (другорядний), лігаза, лігування, матриця, матричний синтез, праймер, промотор, реплікаційна вилка, реплікон, РНК-полімераза, термінатор, термінація, точка початку реплікації, фрагменти Оказаки, точка реплікації, реплікон. Репарація ДНК, світлова репарація, ексцизійна репарація, репарація неспарених основ, SOS-відповідь, експресивна, дореплікативна, постреплікативна, індукована репарація, ферментні системи, ДНК-ендонуклеаза, РНК-праймаза, фотоліаза, геліказа, ДНК-полімераза, ДНК-лігаза, РНК-затравка, рекомбінативна репарація

Теоретична частина

Унікальна властивість молекули ДНК подвоюватися перед поділом клітини називається **реплікацією**.

Напівконсервативний шлях реплікації ДНК. Встановлено (М. Мезельсон, Ф. Сталь), що в процесі реплікації дві нитки ДНК розділяються, кожна з них є шаблоном (матрицею) для нової нитки. Послідовність основ, що повинні бути в нових нитках, можна легко передбачити, тому що вони комплементарні основам, що присутні у старих нитках. Отже, утворюються дві дочірні молекули, що ідентичні материнській. Кожна дочірня молекула складається із однієї старої (материнської) нитки й однієї нової нитки. Оскільки лише одна материнська нитка збережена в кожній дочірній молекулі, такий тип реплікації має назву напівконсервативного.

Механізм реплікації ДНК. Реплікація ДНК – складний, багатоступеневий процес, що вимагає залучення великої кількості спеціальних білків і ферментів. Наприклад, ініціаторні білки утворюють реплікаційну вилку, ДНК-топоізомерази розкручують ланцюги, ДНК-геліказа та дестабілізуючий білок розщеплюють ДНК на два окремих ланцюги, ДНК-полімераза та ДНК-праймаза каталізують полімеризацію нуклеотидтрифосфатів і утворення нового ланцюга, ДНК-лігази руйнують РНК-затравки на відстаючих ланцюгах ДНК та ін. (рис. 2.1). Процес відбувається аналогічно як у прокаріотів, так і в еукаріотів, хоча дещо відрізняється за швидкістю, спрямованістю, кількістю точок реплікації тощо. Швидкість реплікації в еукаріотів дуже велика і складає 50 нуклеотидів за секунду, а в прокаріотів – до 2000 нуклеотидів за секунду.

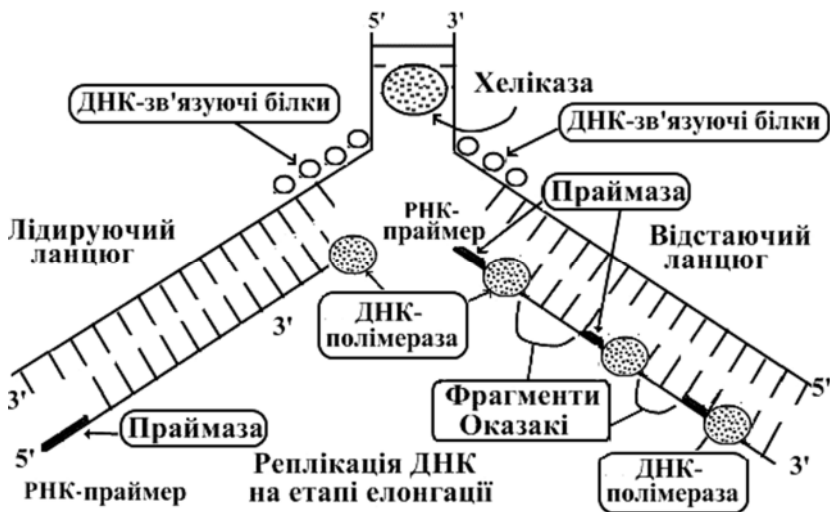


Рис. 2.1. Схема реплікативної вилки ДНК

Основні етапи реплікації:

1. Ініціація (від лат. *initialis* – первинний, початковий). Активація дезоксирибонуклеотидів. Монофосфати дезоксирибонуклеотидів (АМФ, ГМФ, ЦМФ, ТМФ) знаходяться у стані «вільного плавання» в ядрі та є «сировиною» для синтезу ДНК.

Розпізнавання точки ініціації. Розкручування ДНК починається із певної точки. Така особлива точка називається точкою **ініціації реплікації** або **геном ініціації** (спеціальна послідовність нуклеотидів). Для визначення точки ініціації необхідні специфічні **білки-ініціатори**. У вірусів і прокаріот є лише одна точка ініціації. В еукаріотів, що мають великі молекули ДНК, може бути багато точок ініціації реплікації, що, зрештою, зливаються одна з одною при повному роз'єднанні ланцюгів ДНК.

Реплікація обох ланцюгів ДНК відбувається одночасно й безупинно.

Розкручування молекули ДНК. Подвійна спіраль ДНК розкручується і розгортається на окремі нитки ДНК шляхом розриву слабких водневих зв'язків між комплементарними

нуклеотидами. Цей процес забезпечують ферменти – гелікази. Оголені основи А, Т, Г і Ц обох ланцюгів проектується у каріоплазму.

Ферменти, що названі топоізомеразами, розривають і заново зшивають окремі нитки ДНК, допомагають розкручуванню спіралі. Завдяки роз'єднанню ланцюгів ДНК виникають реплікаційні вилки. Нові нитки ДНК утворюються на кожному із звільнених ланцюгів, їх ріст відбувається у протилежних напрямках.

2. Елонгація. Вільні трифосфати дезоксирибонуклеотидів своїми азотистими основами приєднуються водневими зв'язками до азотистих основ обох ланцюгів ДНК, у відповідності до правила комплементарності, тобто А–Т, Ц–Г.

Елонгація – це додавання дезоксирибонуклеотиду до 3'-кінця ланцюга, що росте. Процес каталізується ДНК-полімеразою.

Трифосфати дезоксирибонуклеотидів (тринуклеотиди), приєднуючись до кожного ланцюга ДНК, розривають свої внутрішні високоенергетичні зв'язки й утворюють монофосфати дезоксирибонуклеотидів (мононуклеотиди), що є звичайними компонентами ДНК. При цьому в нуклеоплазму надходять пірофосфатні молекули, що звільнилися (Р-Р).

Утворення нових ланцюгів ДНК (рис. 2.2). У подальшому приєднанні сусідні нуклеотиди зв'язуються між собою фосфорними залишками та утворюють новий ланцюг ДНК. Процес каталізується ферментом ДНК-полімеразою. При цьому необхідна присутність іонів металів Mn^{2+} або Mg^{2+} . ДНК-полімераза може полімеризувати дезоксирибонуклеотиди в напрямку 5'-3', тобто від вуглецевого 5'-кінця до вуглецевого 3' кінця молекул ДНК. Оскільки дві нитки ДНК є антипаралельними, нові нитки повинні утворюватися на старих (материнських) нитках у протилежних напрямках. Одна нова нитка утворюється у напрямку 5'-3'. Ця нитка називається ведучою. На другій материнській нитці утворюються короткі сегменти ДНК у напрямку 3'-5'. Згодом вони з'єднуються разом, утворюючи довгу відстаючу нитку.

Утворення праймерів. На відстаючій нитці спочатку утворюється короткий ланцюг РНК за шаблоном ДНК. Вона

називається **РНК-праймером** і містить послідовність із 10-60 нуклеотидів. Фермент праймаза каталізує полімеризацію блоків РНК (А, У, Г, Ц) у праймері. РНК-праймер утворюється тому, що ДНК-полімераза не може ініціювати синтез нової нитки ДНК у відстаючому ланцюгу в напрямку 3'-5', вона може лише каталізувати її ріст. Праймери пізніше віддаляються, а порожнини, які утворилися, заповнюються дезоксирибонуклеотидами ДНК у напрямку 5'-3', що завершує побудову другого ланцюга. На місці праймерів утворюються фрагменти нового ланцюга ДНК, які називаються **фрагментами Оказаки** і складаються із 1000-2000 (прокаріот) або з 100-200 (еукаріот) нуклеотидів. Ці фрагменти легуються (зшиваються) ДНК-лігазами, в результаті чого утворюється другий повноцінний ланцюг. Цей процес називається **дозріванням**.

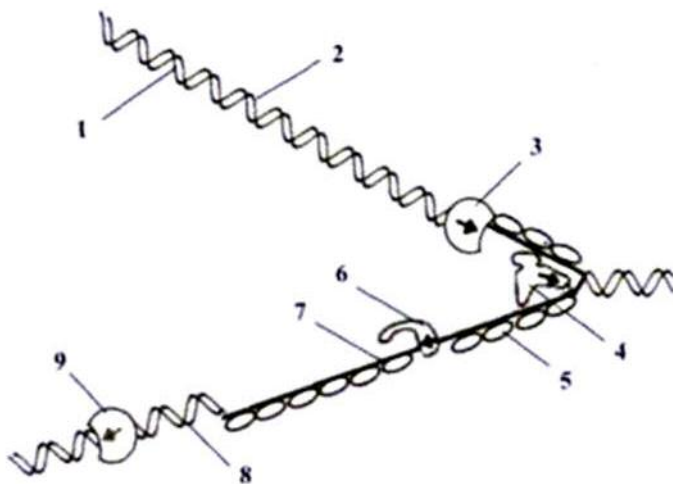


Рис. 2.2. Процес реплікації ДНК

1 – синтезований ланцюг; 2 – матриця для синтезу ведучого ланцюга; 3 – ДНК-полімераза на ведучому ланцюгу; 4 – ДНК-геліказа; 5 – дестабілізуючий білок; 6 – ДНК-праймаза; 7 – праймер; 8 – матриця для синтезу відстаючого ланцюга; 9 – ДНК-полімераза на відстаючому ланцюгу.

Редагування. Чітка комплементарність пар основ забезпечує точну реплікацію ДНК. Однак іноді виникають

помилки в приєднанні основ. Вони видаляються ДНК-полімеразою, яка для цього знову зв'язується із молекулами ДНК (репарація).

3. Термінація (від лат. *terminalis* – кінцевий). Після завершення процесу реплікації молекули, що утворилися, розділяються, і кожна дочірня нитка ДНК скручується разом із материнською у подвійну спіраль. Так утворюються дві молекули ДНК, що ідентичні материнській. Вони формуються окремими фрагментами по довжині хромосоми. Такий окремий фрагмент ДНК, що подвоюється на одній хромосомі, називається **репліконом**. Виникає відразу декілька репліконів, причому асинхронно й у різних її ділянках. Процес реплікації стосується всієї хромосоми та перебігає практично одночасно, з однаковою швидкістю. Після завершення реплікації у репліконах вони зшиваються ферментами в одну молекулу ДНК. Ділянки хромосом, де починається реплікація, називаються точками ініціації. Вважають, що це, ймовірно, місця прикріплення інтерфазних хромосом до білків ламели ядерної оболонки. Процес включається цитоплазматичним фактором невідомої природи, що надходить у ядро. Реплікація перебігає за визначеним порядком, тобто спочатку починають реплікуватись одні ділянки хромосом, а пізніше – інші. У синтетичному періоді інтерфази подвоюється також і кількість гістонових білків, що асоціюються із синтезованими ДНК і утворюють класичну структуру хроматину. Порушення реплікації призводить до порушення синтезу білків і розвитку патологічних змін клітин і органів.

Здатність клітин до виправлення пошкоджень у молекулах ДНК одержала назву **репарації** (від. лат. *reparatio* – відновлення).

За часом здійснення у клітинному циклі розрізняють дореплікативну, реплікативну і постреплікативну репарацію.

Дореплікативна репарація. Це процес відновлення пошкодженої ДНК до її подвоєння. У найпростіших випадках розриви можуть бути відновлені ферментом лігазою. У інших випадках використовується повна ферментативна система репарації (наведена нижче).

Реплікативна репарація. Це сукупність процесів відновлення ДНК у ході реплікації. При цьому ушкоджена

ділянка видаляється впродовж реплікації у зоні росту ланцюга. У забезпеченні високої точності реплікації значна роль належить механізму самокорекції, який здійснюється ДНК-полімеразою або тісно зв'язаним із нею ферментом ендонуклеазою. Цей процес пов'язаний із визначенням помилково включеного в ланцюг нуклеотиду, відщепленням його і заміною на відповідний. У результаті цього частота помилок знижується у 10^5 разів (з 10^5 - 10^6).

Постреплікативна репарація. Її механізм точно не вивчений. При постреплікативній репарації відбувається вирізання пошкодженої ділянки і зшивання кінців. При цьому клітина може зберігати життєздатність і передавати дефектну ДНК дочірнім клітинам. Припускають можливість різних варіантів синтезу ДНК на пошкодженій матриці.

За механізмами розвитку репарації розрізняють: ексцизійну, неексцизійну, рекомбінативну репарацію.

Ексцизійна репарація (вирізаюча). При ексцизійній репарації усуваються пошкодження, які з'явилися під впливом іонізуючої радіації, хімічних речовин та інших чинників. Це основний тип репарації, виявлений як у прокаріотів, так і у клітинах еукаріотів.

Ексцизійна репарація ДНК відрізняється тим, що не лише розрізаються димери (як при світловій), але й вирізаються великі ділянки молекули ДНК (до кількох сотень нуклеотидів). Очевидно, можуть видалятися цілі гени, після чого відбувається репаративний комплементарний матричний синтез за допомогою ферменту ДНК-полімерази.

На основі однієї із запропонованих моделей встановлено п'ять послідовних **етапів ексцизійної репарації:**

- 1) «розпізнавання» пошкодження ДНК-ендонуклеазою;
- 2) розрізування ендонуклеазою одного з ланцюгів молекули ДНК поблизу пошкодження;
- 3) «вирізання» пошкодженої ділянки та її розширення ДНК-екзонуклеазою;
- 4) матричний синтез нового ланцюга ДНК-полімеразою (репаративна реплікація);
- 5) з'єднання новоутвореної ділянки з ниткою ДНК під впливом ферменту ДНК-лігази.

Неексцизійна репарація. Фоторепарація (рис. 2.3). Здатність до репарації була виявлена у бактерій, які зазнавали впливу ультрафіолетових променів. У результаті опромінення цілісність молекул ДНК порушується, тому що в них виникають димери, тобто зчеплені між собою сусідні піримідинові основи. Димери можуть формуватися між двома тимінами, тиміном і цитозином, двома цитозинами, тиміном і урацилом, двома урацилами. Однак опромінені клітини на світлі виживають набагато краще, ніж у темряві. Після ретельного аналізу причин цього явища встановлено, що в пошкоджених клітинах на світлі відбувається репарація ДНК (фоторепарація). Вона здійснюється спеціальним ферментом ДНК-фотолігазою, яка активується квантами видимого світла. Фермент з'єднується із пошкодженою ДНК, роз'єднує зв'язки в димерах і відновлює цілісність нитки ДНК. Фермент ДНК-фотолігаза, що фотореактивує, не є видоспецифічним, тобто діє на різні види ДНК. У ньому є ціанокобаламін (вітамін B_{12}), що поглинає кванти видимого світла та передає енергію молекулі ферменту. На ранніх стадіях еволюції живих організмів, коли був відсутній озоновий екран, який затримує велику частину потоку згубних для організмів сонячних ультрафіолетових променів, фоторепарація відігравала особливо важливу роль.

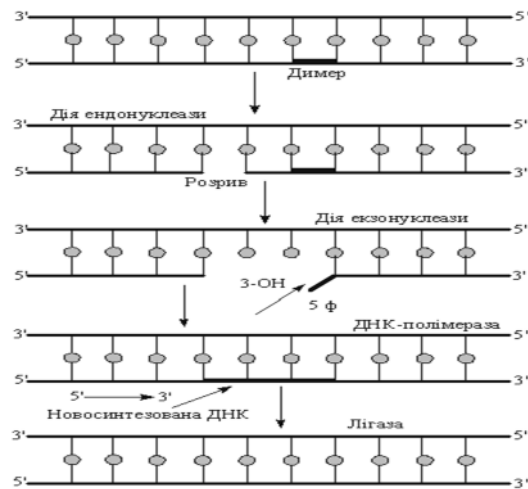


Рис. 2.3. Репарація ДНК

Рекомбінативна репарація. Якщо, наприклад, димери тиміну не усунуті до рекомбінації, то це призводить до зміни структури дочірніх ДНК. Такі порушення можуть усуватися безпосередньо в процесі кросинговеру. Але при цьому не відбувається усунення димеру, він видаляється вже після реплікації.

Хід роботи

Завдання 1. Зарисувати схему реплікаційної вилки (рис. 2.1) і репарації (рис. 2.3) ДНК і вказати найважливіші ферменти реплікації (рис. 2.2).

Завдання 2. Запропонувати запитання для бліц опитування за ланцюжком щодо з'ясування етапів процесу реплікації ДНК.

Завдання 3. Підготувати завдання-презентацію «Підтримування генетичної стабільності клітини».

Завдання 4. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

Приклад

Один ланцюг ДНК містить 125 аденілових і 310 гуанінових нуклеотидів, другий ланцюг – 278 аденілових і 115 гуанінових. Визначте довжину гена.

Дано: ген	Розв'язання
1 ^й ланцюг ДНК:	1. Визначаємо загальну кількість нуклеотидів в одному ланцюгу ДНК (на основі принципу комплементарності): $N(A) = N(T)$; $N(G) = N(C)$
$N(A) = 125$	
$N(G) = 310$	
2 ^й ланцюг ДНК:	$1^{\text{й}} \text{ л.} = 2^{\text{й}} \text{ л.} \quad 1^{\text{й}} \text{ л.} = 2^{\text{й}} \text{ л.}$
$N(A) = 278$	Звідси у одному ланцюзі загальна кількість нуклеотидів становить: $125(A) + 310(G) + 278(T) + 115(C) = 828$ така ж сама кількість нуклеотидів буде і в другому ланцюзі
$N(G) = 115$	
$L(\text{гена}) = ?$	
$\Delta L(\text{нукл.}) = 0,34 \text{ нм}$	2. Визначаємо довжину гена: $L(\text{гена}) = \Delta L(\text{нукл.}) \times (N_{\text{нукл.}} - 1)$ $L(\text{гена}) = 0,34 \text{ нм} \times (828 - 1) = 281,18 \text{ нм}$

(Відповідь: довжина даного гена становить 281,18 нм).

1. Фермент ДНК-полімераза синтезує комплементарний ланцюжок за ДНК-матрицею. Визначте послідовність азотистих основ у синтезованому ланцюзі, виходячи з такої послідовності їх у вихідній молекулі:

Ц–Ц–Ц–Г–Т–Ц–Т–Г–Ц–Т–А–Ц–Г–А–Т–А–Т–Т–А–Ц–Ц.

2. Довжина фрагмента ДНК 680 нм. Визначте кількість нітратних основ у даному фрагменті.

3. Фрагмент одного ланцюга молекули ДНК складається із 12 нуклеотидів. Визначте довжину і масу цієї ділянки ДНК.

4. Білок складається із 124 амінокислот. Порівняйте відносні молекулярні маси білка й гена, який його кодує.

5. До складу білка входить 800 амінокислот. Яка довжина гена, що кодує синтез цього білка?

6. Фрагмент молекули ДНК містить 560 тимінових нуклеотидів, що становить 28% загальної кількості нуклеотидів. Визначте число аденінових, гуанінових, цитозинових нуклеотидів і довжину фрагменту.

7. Установлено, що і-РНК має 30% аденіну, 18% гуаніну, 20% урацилу. Визначити частку (у відсотках) кожного нуклеотиду у відповідному фрагменті дволанцюгової ДНК.

8. Фрагмент першого ланцюга має такий нуклеотидний склад: ГГГ–ЦАТ–ААЦ–ГЦТ... Визначте: а) послідовність нуклеотидів у відповідному фрагменті другого ланцюга; б) довжину фрагмента ДНК; в) частку кожного нуклеотиду в фрагменті ДНК.

9. У фрагменті ДНК знайдено 1120 аденінових нуклеотидів, що становить 28% від загальної кількості нуклеотидів. Визначте: а) скільки в даному фрагменті міститься гуанінових, цитозинових, ти мінових нуклеотидів? б) довжину і відносну масу молекулярну цього фрагмента ДНК.

10. Один із ланцюгів молекули ДНК має таку послідовність нуклеотидів: ТГГ–АГЦ–ГГГ–ААЦ–ТГА. Запишіть послідовність нуклеотидів ланцюга, комплементарного даному. Визначте довжину і молекулярну масу фрагмента, що ви отримали.

11. Фрагмент ланцюга ДНК має склад: Г–Г–Ц–А–Т–А–А–Ц–Г–А–А–Г. Визначте: а) довжину гена; б) відсотковий зміст нуклеотидів у цьому ланцюзі.

12. У молекулі ДНК одного виду тварин тимін складає 18% від загальної кількості нуклеотидів. Відносна молекулярна маса цієї молекули 600000. Відносна молекулярна маса одного нуклеотида » 300. Визначте кількість усіх нуклеотидів ДНК.

Тестовий контроль знань із теми «РЕПЛІКАЦІЯ ДНК»

1. Фрагмент Оказаки – це

- а) синтезовані ділянки ДНК на матричній ДНК, що складаються із 1000-2000 нуклеотидів;
- б) синтезовані ділянки і-РНК;
- в) праймери.

2. Що виконує роль затравки у процесі реплікації ДНК у клітині?

- а) фрагменти РНК (8-10 нуклеотидів);
- б) фрагменти Оказаки;
- в) окремі нуклеотиди.

3. Який фермент розриває водневі зв'язки між нуклеотидами на етапі ініціації?

- а) ДНК-геліказа та дестабілізуючий білок;
- б) ДНК-лігаза;
- в) дестабілізуючий білок.

4. Яка роль ДНК-лігази у процесі реплікації?

- а) «зшиває» окремо синтезовані фрагменти Оказаки;
- б) розриває водневі зв'язки ;
- в) ініціює процес реплікації.

5. Ланцюг ДНК, що утворився із фрагментів Оказаки називається –

- а) запізнілим;
- б) випереджаючим;
- в) синтезованим.

6. Реплікативна вилка виконує нижче перераховані функції, крім:

- а) служить матрицею для синтезу ДНК;
- б) служить матрицею для синтезу білка;
- в) служить місцем для початку реплікації.

7. Синтез дочірніх молекул ДНК, ідентичних материнській ДНК, називається:

- а) зворотна транскрипція;

- б) транскрипція;
- в) реплікація ДНК.

8. Укажіть у якому напрямку відбувається синтез нових ланцюгів ДНК у процесі реплікації:

- а) 4' – 5';
- б) 7' – 8';
- в) 5' – 3'.

9. Укажіть, які функції виконує ДНК-полімераза в процесі реплікації:

- а) синтез ДНК, редагування помилок реплікації ;
- б) «зшивання» окремих ділянок синтезованих ДНК;
- в) розривання водневих зв'язків між нуклеотидами двох ланцюгів ДНК.

10. У процесі синтезу поліпептидного ланцюга ДНК розрізняють етапи:

- а) реплікації, транскрипції, трансляції;
- б) ініціації, трансляції, посттрансляційної модифікації;
- в) ініціації, елонгації, термінації.

11. Укажіть, яка функція ферменту ДНК-ендонуклеази в процесі ексцизійної репарації:

- а) «розпізнавання» пошкоджень на ДНК;
- б) «зшивання» окремих фрагментів ДНК;
- в) «розрізання» ДНК на окремі фрагменти.

12. Процес ферментативного видалення і повторного синтезу ділянок ДНК, що отримали пошкодження під дією фізичних чи хімічних агентів, називається:

- а) реплікація РНК;
- б) рекомбінація;
- в) репарація ДНК.

13. Укажіть основні механізми репарації ДНК:

- а) фотореактивація, ексцизійна та постреплікативна;
- б) транскрипція, трансляція;
- в) реплікація.

14. У клітинному циклі розрізняють такі типи репарації ДНК:

- а) дореплікативна, реплікативна, постреплікативна;
- б) трансдукція, кон'югація;
- в) фотореактивація.

15. До темної репарації ДНК відносять:

- а) екцизійну та постреплікативну;
- б) трансдукцію і трансляцію;
- в) репарацію і транскрипцію.

16. У клітинах людини під дією ультрафіолетового випромінювання відбулося пошкодження молекули ДНК. Однак за допомогою специфічних ферментів пошкоджена ділянка молекули ДНК була відновлена. Як називається даний процес?

- а) дуплікація;
- б) репарація;
- в) реплікація.

17. Яку функцію виконує фермент ДНК-екзонуклеаза в процесі екцизійної репарації?

- а) «розпізнавання» пошкодження на ДНК;
- б) «зшивання» синтезованих нуклеотидів із непошкодженою ділянкою молекули ДНК;
- в) «вирізання» пошкодженої ділянки ДНК.

18. Реплікативна репарація відбувається:

- а) у процесі реплікації ДНК;
- б) у процесі транскрипції;
- в) у процесі трансляції.

19. У процесі екцизійної репарації відбувається вирізання:

- а) великих ділянок ДНК, генів;
- б) димерів;
- в) вирізання ділянок ДНК відсутнє.

Висновки:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема: *ТРАНСКРИПЦІЯ ДНК У ПРОКАРІОТІВ ТА ЕУКАРІОТІВ*

Мета: Закріпити знання про механізми транскрипції і-РНК на матриці ДНК, навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

Матеріали і обладнання: таблиці, зошит, калькулятор.

Питання теорії

1. Механізм транскрипції РНК на матриці ДНК.
2. Процеси дозрівання про-і-РНК.
3. Ферментативний вплив на процес транскрипції РНК.

Термінологічний апарат: транскрипція, ініціація, геліказа, РНК-полімерази, промотор, термінатор, про-і-РНК, елонгація, термінація, термінатори транскрипції, транскриптон, процесинг, інтрони, екзони, сплайсинг, рестриктази, лігази, трансгени, зворотня транскрипція.

Теоретична частина

Транскрипція (лат. transcriptio – переписування). Це синтез у ядрі клітини молекули-попередниці і-РНК (про-і-РНК) за програмою ДНК (рис. 3.1). На генах матриці ДНК утворюються всі три типи РНК – інформаційна, транспортна і рибосомальна. Транскрипція проходить у три етапи: ініціація, елонгація, термінація.

1. Ініціація. Під дією ферменту подвійна спіраль ДНК розкручується. Фермент РНК-полімераза приєднується до промотора ДНК та з вільних нуклеотидів починається синтез про-і-РНК на матричному ланцюзі ДНК.

2. Елонгація – процес нарощування полінуклеотидного ланцюга.

Різні типи РНК в еукаріот: інформаційна РНК (і-РНК), рибосомальна РНК (р-РНК). і транспортна РНК (т-РНК) транскрибуються на різних ділянках (генах) молекул ДНК.

3. Термінація – закінчення синтезу про-і-РНК, коли фермент досягає паліндрому дволанцюгової шпильки, яка складається із

послідовностей нуклеотидів, що читаються однаково в обох ланцюгах у напрямках 5'-3'. Ділянка ДНК, що містить промотор, послідовність нуклеотидів, що транскрибуються і термінатор, називається **транскриптом**.

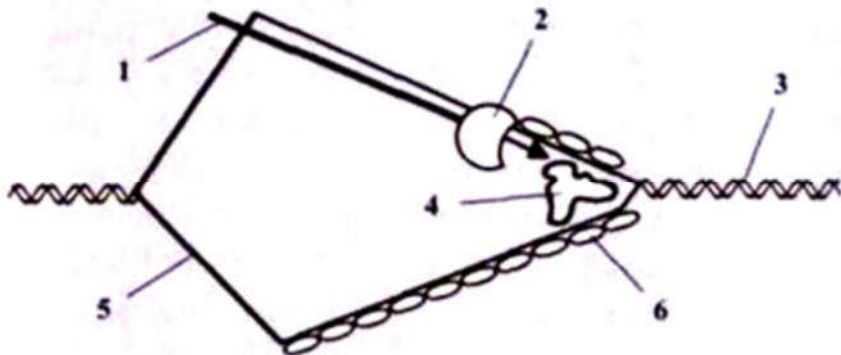


Рис. 3.1. Утворення і-РНК:

1 – синтезована і-РНК; 2 – РНК-полімераза; 3 – подвійна спіраль ДНК; 4 – ДНК-геліказа; 5 – другий ланцюг, не матричний; 6 – дестабілізаційний білок.

Процесинг – дозрівання РНК. У еукаріот процесинг складається із трьох операцій:

1) кепування – модифікація 5'-кінця про-і-РНК шляхом приєднання гуанозинмонофосфату («кепу»), потім його метилювання і утворення 7-метилгуаніну. Кеп захищає 5'-кінець від деградації, бере участь у процесингу, транспортує м-РНК в цитоплазму та ініціює трансляцію;

2) сплайсинг – вирізання інтронів із молекули про-і-РНК за участю ферментів рестриктаз та зшивання внутрішніх кінців молекул екзонів за участю ферментів лігаз;

3) поліаденілування – приєднання до 3'-кінця полі-А («хвоста») послідовності, яка забезпечує термінацію транскрипції.

Хід роботи

Завдання 1. Розглянути молекулярний механізм транскрипції. Зарисувати схему транскрипції РНК на матриці

ДНК (рис. 3.1) та процесинг і-РНК, позначити основні ферменти, які беруть участь у цьому процесі.

Завдання 2. Розробити презентацію на тему «Регуляція транскрипції у еукаріот. Роль епігенетичних механізмів».

Завдання 3. Запропонувати запитання для бліц опитування за ланцюжком щодо з'ясування процесу транскрипції.

Завдання 4. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

Приклад

Дана ділянка ланцюгу ДНК: А-Ц-А-А-А-А-Т-А.
Визначте:

- первинну структуру білка, що кодується цим геном;
- триплети (антикодони) т-РНК, які беруть участь у синтезі цього білка;
- загальну кількість т-РНК, що приймають участь у цьому процесі.

Дано:	Розв'язання
Ген:	Ген (ділянка ДНК): А-Ц-А-А-А-А-Т-А
А-Ц-А-А-А-А-Т-А	
Первинна структура білка –?	І-РНК (принцип комплементарності)
Антикодони т-РНК – ?	У-Г-У-У-У-У-У-А-У
n (т-РНК) – ?	т-РНК (антикодони) А-Ц-А-А-А-А-Т-А
	Звідси n (т-РНК) = 3
	Білок: Цис – Фен – Тир

(Відповідь: а) Цис-Фен-Тир; б) антикодони т-РНК: А-Ц-А; А-А-А; А-У-А; в) у цьому процесі прийняли участь 3 молекули т-РНК).

1. Визначити послідовність нуклеотидів ділянки молекули і-РНК, яка утворилась на матриці кодогенного ланцюга гена з послідовністю нуклеотидів: Т-А-Т-А-Ц-А-Ц-Г-А-Т-Ц-Ц-Т-Т-Ц-А-А-Г-А-А-А.

2. Кодуюча частина гену містить 120 пар нуклеотидів. Скільки амінокислот входить до складу білка, що кодується цим геном?

3. Кодуюча частина гену містить 210 пар нуклеотидів. Чому дорівнює маса білку, який він кодує?

4. Послідовність амінокислот у поліпептиді: серин – лейцин – лейцин – аланін – пролін – тирозин – аспарагін – лейцин – аланін. Чому дорівнює маса гену, який його кодує?

5. Фрагмент рибонуклеази включає 124 амінокислотних залишків. Що важче: фрагмент чи ген, який його кодує?

6. Кодогенний ланцюг гену, який кодує білок, складається із послідовно розміщених нуклеотидів Г–А–Ц–А–А–Ц–А–А–Т–Ц–А–А–Т–А–Т–А–Ц–Ц–Г–А–Ц. Користуючись таблицею генетичного коду визначте склад і послідовність амінокислот у поліпептиді, закодованому в цій ділянці гена.

7. Фрагмент молекули білка складається із наступних 8 амінокислот: лейцин – валін – серин – тирозин – пролін – аланін – валін – аспарагін. Скільки т-РНК можуть бути використані клітиною для синтезу цього білка і чому?

8. Антикодогенний ланцюг гену, який кодує один із поліпептидних ланцюгів гемоглобіну, складається із кодонів наступного складу: А–Т–Г–А–Ц–Ц–Г–А–Ц–Ц–А–Т–Г–А–А. Користуючись таблицею генетичного коду визначте склад і послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу.

9. Існує молекула ДНК наступного складу:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
А.	ТАЦ	АТГ	АТЦ	АТТ	ТЦА	ТГА	ААТ	ТТЦ	ТАГ	ЦАТ	ГТА
Б.	АТГ	ТАЦ	ТАГ	ТАА	АГТ	АЦТ	ТТА	ААГ	АТЦ	ГТА	ЦАТ

Де цифрами позначені триплети, а літерами А і Б окремі ланцюги ДНК. Відомо, що ця ДНК забезпечує синтез олігопептиду, який складається із 5 амінокислот. Який ланцюг ДНК, із якого кодону і в якому напрямку повинен транскрибуватися?

10. Який транскрипт м-РНК буде зчитуватися із даного фрагменту ДНК:

5' – Т Г Ц А Г А Ц А А – 3' 3' – А Ц Т Т Ц Т Г Т Т – 5'

Тестовий контроль знань із теми
«ТРАНСКРИПЦІЯ ДНК У ПРОКАРІОТІВ ТА ЕУКАРІОТІВ»

1. Синтез білка складається із декількох стадій. На одній із них здійснюється синтез і-РНК на одному з ланцюгів ДНК. Як називається даний процес?

- а) танскрипція;
- б) реплікація;
- в) елонгація.

2. У процесі дозрівання і-РНК спеціальні ферменти вирізають інтрони й зшивають екзони (процесинг). Як називаються інформативні ділянки гена?

- а) екзони;
- б) інтрони;
- в) транскриптони.

3. В еукаріот унаслідок транскрипції утворюються переважно про-і-РНК, які містять незмістовні ділянки (інтрони), які вирізаються у процесі її дозрівання. Цей процес називається:

- а) сплайсинг;
- б) кепування;
- в) процесинг.

4. Явище процесингу складається із операцій:

- а) кепування, спласингу, поліаденілування;
- б) елонгація, ініціація;
- в) термінація, елонгація.

5. Термінація транскрипції відбувається при досягненні РНК-полімеразою термінуючих ділянок. Термінуючими ділянками є:

- а) стоп-кодони: УАА, УАГ, УГА;
- б) паліндроми, після яких іде полі-(А-У) послідовність;
- в) паліндроми, після яких іде полі-(А-Т) послідовність.

6. У процесі транскрипції РНК-полімераза просувається уздовж нитки ДНК від промотора до термінатора. Послідовність нуклеотидів цієї ділянки ДНК, що визначає утворення однієї молекули і-РНК, має назву:

- а) транскриптон;
- б) цистрон;
- в) спейсер.

7. Деякі триплети (УАА, УАГ, УГА) не кодують амінокислоти, а є термінаторами у процесі зчитування інформації. Як називаються триплети, які припиняють транскрипцію?

- а) стоп-кодон;
- б) оператор;
- в) ініціюючий-кодон.

8. і-РНК існує у вигляді зрілої фракції і у вигляді попередника (про-і-РНК). Зрілі молекули і-РНК прикріплюються до рибосом, де починається зчитування інформації. Проте іноді у клітинах може накопичуватися зріла і-РНК, яка зв'язана з білком і може функціонувати тільки після звільнення від білка. Як називаються ці нуклеопротейдні комплекси, що знаходяться у цитоплазмі і можуть бути прикріплені до рибосом?

- а) інформосоми;
- б) термінатори;
- в) траскриптони.

9. У клітині хвороботворної бактерії відбувається процес транскрипції. Матрицею для синтезу однієї молекули і-РНК при цьому служить:

- а) ділянка одного з ланцюгів ДНК;
- б) ланцюг молекули ДНК, позбавлений інтронів;
- в) ланцюг молекули ДНК, позбавлений екзонів.

10. Вивчалась довжина молекул РНК, які приймають участь у трансляції. Було встановлено, що розмір ділянки і-РНК, зайнятий однією рибосомою у процесі трансляції, відповідає:

- а) шести нуклеотидам;
- б) двом нуклеотидам;
- в) трьом нуклеотидам.

Висновки:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ТЕМА: *ТРАНСЛЯЦІЯ*

Мета: Закріпити знання про механізми трансляції, навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

Матеріали і обладнання: таблиці, зошит, калькулятор.

Питання теорії

1. Характеристика генетичного коду.
2. Будова рибосом.
3. Механізм трансляції.
4. Посттрансляційні перетворення білків.

Термінологічний апарат: генетичний код, кодон, трансляція, рибосома, полісома, інтрони, екзони, колінеарність, термінуючі кодони.

Теоретична частина

Генетичний код – це система запису інформації про послідовність розташування амінокислот у білках згідно з розміщенням нуклеотидів у ДНК та і-РНК. Ф. Крік із співавторами довели, що ділянка молекули ДНК складається із трьох нуклеотидів і отримала назву **триплету** або **кодону** (табл. 4.1).

Рибосомами називають сферичні чи грибоподібні, дуже дрібні органели діаметром близько 22 нм. Вони були вперше описані і 1953 році американським біологом Д. Е. Паладе, який довів, що рибосоми являють собою нуклеопротейди.

Кожна рибосома складається із двох субодиниць – великої і малої. Досліди по седиментації виявили існування двох головних типів рибосом, що були названі 70S і 80S – рибосомами. Перший тип являється у прокаріот, а більші 80 S – рибосомами – в еукаріотичних клітинах (рис. 4.1).

ГЕНЕТИЧНИЙ КОД (і-РНК)

Перша буква (5'-кінцеві)	Друга буква				Третя буква (3'-кінцеві)
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	Non1	Non3	А
	Лей	Сер	Non2	Трп	Г
Ц	Лей	Про	Гіс	Арг	У
	Лей	Про	Гіс	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Іле	Тре	Асн	Сер	У
	Іле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Іле	Тре	Ліз	Арг	А
	Мет	Тре	Ліз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Глі	У
	Вал	Ала	Асп	Глі	Ц
	Вал	Ала	Глу	Глі	А
	Вал	Ала	Глу	Глі	Г

Скорочені назви амінокислот: Ала – аланін, Асп – аспарагін, Арг – аргінін, Вал – валін, Гіс – гістидин, Глі – гліцин, Глн – глутамін, Глу – глутамінова кислота, Іле – ізолейцин, Лей – лейцин, Ліз – лізин, Мет – метионін, Про – пролін, Тир – тирозин, Тре – треонін, Три – триптофан, Сер – серин, Фен – фенілаланін, **Примітка:** Триплетти УАА, УАГ, УГА не кодують амінокислот.

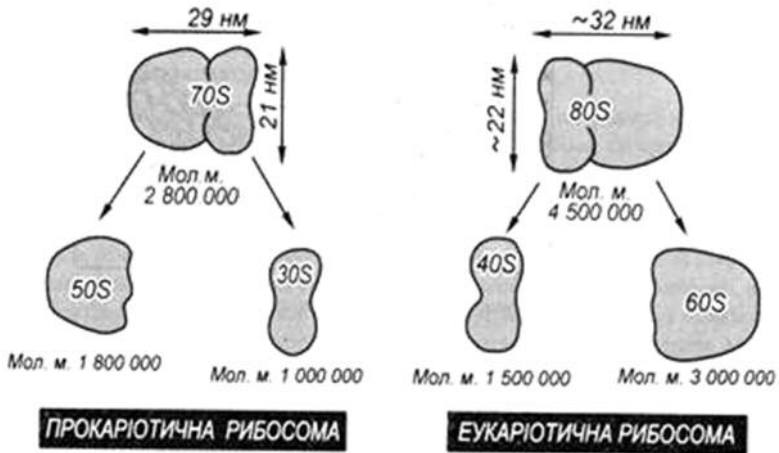


Рис. 4.1. Будова прокаріотичних і еукаріотичних рибосом

Рибосоми з константою седиментації 70 S поділяють на субодиниці 50S і 30S, а 80S – рибосоми – на субодиниці 60S і 40S. Рибосоми складаються із приблизно рівних за масою кількістю РНК і білка, тобто являють собою рибонуклеопротейнові частки. РНК, що входить до їх складу, називається **рибосомною РНК** (р-РНК) і синтезується у ядерці.

Трансляція – синтез білків із амінокислот, що каталізується рибосомою на матриці матричної РНК (м-РНК).

Біосинтез білків відбувається у цитоплазмі клітини на спеціальних органелах – рибосомах. Кожна рибосома має велику й малу субодиниці, які відіграють важливу роль на різних етапах біосинтезу білків (рис. 4.1).

Біосинтез білка відбувається в чотири етапи (рис. 4.2):

На першому етапі, у процесі транскрипції на матриці ДНК синтезуються всі необхідні для біосинтезу білка РНК:

- матричні (інформаційні) РНК після транскрипції зазнають процесу посттранскрипційної модифікації: у процесі сплайсингу з новоутвореної і-РНК вирізаються неінформаційні фрагменти – **інтрони** і зшиваються інформаційні ділянки – **екзони**;

- модифікована і-РНК у комплексі з білками (у вигляді інформосом) виходить з ядра в цитоплазму;

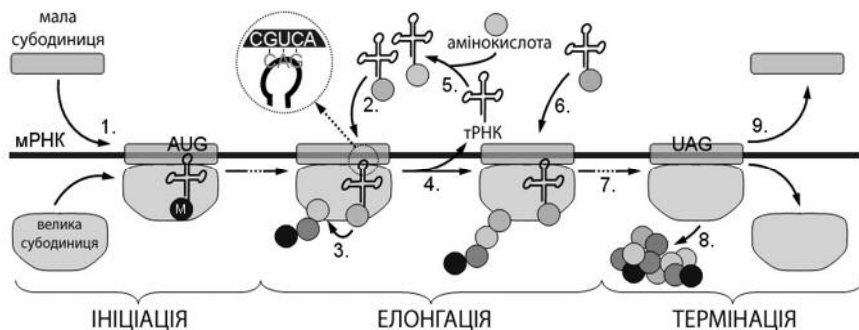


Рис. 4.2. Механізм трансляції

- рибосомальна РНК (р-РНК) необхідна для побудови рибосом, де вона утворює комплекси з різними білками;
- транспортна РНК (т-РНК) бере участь у процесі активації амінокислот.

На другому етапі, який називається **рекогніція**, відбувається активація амінокислот за допомогою т-РНК і ферменту аміноацил-т-РНК-синтетази.

На третьому етапі, у процесі трансляції, відбувається зчитування інформації із і-РНК і перенесення її на амінокислотну послідовність поліпептидного ланцюга: у процесі трансляції рибосома стрибкоподібно пересувається триплетними кроками, у результаті чого до і-РНК приєднуються все нові комплекси т-РНК-амінокислота і нарощується поліпептидний ланцюг.

На четвертому етапі синтезований поліпептидний ланцюг набуває вторинної, третинної, а в деяких випадках і четвертинної структури (процес посттрансляційної модифікації).

Для синтезу білка необхідно (рис. 4.3): 1) енергія (у вигляді АТФ у мітохондріях); 2) відповідні ферменти; 3) інформація про структуру білка (у ДНК, а потім в і-РНК); 4) амінокислоти і відповідні їм т-РНК; 5) рибосоми. Молекули білка синтезуються в клітині впродовж 1-2 с. Синтез білків у клітині відбувається в інтерфазі – період між її поділом.

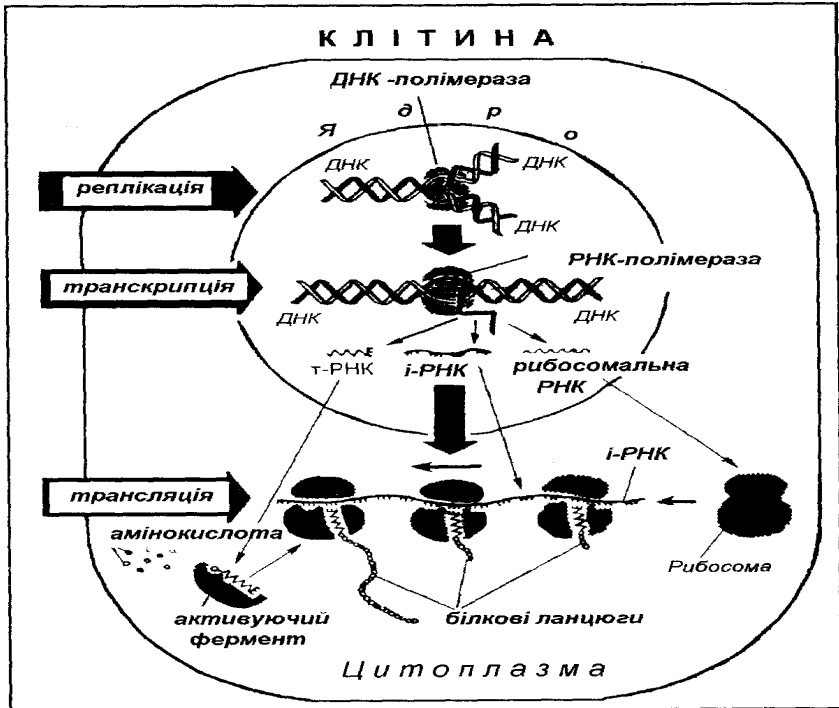


Рис. 4.3. Схема біосинтезу білка

Хід роботи

Завдання 1. Вивчити та записати властивості генетичного коду.

Завдання 2. Вивчити та зарисувати будову рибосом (рис. 4.1) і молекулярний механізм трансляції (рис. 4.2).

Завдання 3. Розв'язати проблемну ситуацію: «У нашому організмі кожної секунди відбувається маса реакцій, витрачаються молекули білків, але їх не стає менше. Синтезуються нові. Яким чином відтворюються саме ті білки, а не інші?».

Завдання 4. Підготувати презентацію на тему «Трансляція. Регуляція біосинтезу білка».

Завдання 5. Заповнити таблицю, використовуючи генетичний код.

					Ц			Т				Подвійний ланцюг ДНК
	Т					Г			Г	Ц	А	
Г	А	У					А					м-РНК
			Тре									Амінокислоти, що включаються у склад білка

Завдання 6. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

Приклад

Початкова ділянка ланцюгу В-інсуліна складена наступними 10-ма амінокислотами: фенілаланін – валін – аспарагінова кислота – глутамін – гістидін – лейцин – цистеїн – гліцин – серин – гістидін. Визначте кількісне співвідношення аденін + тимін і гуанін + цитозин у ланцюгу ДНК, який кодує цю ділянку інсуліну.

Дано:
В-інсулін:
Фен–Вал–Асп–
Глу–Гіс–Лей–
Цис–Глі–Сер–
Гіс

Розв’язання
1) В-інсулін: Фен–Вал–Асп–Глу–Гіс–Лей–Цис–Глі–Сер–
Гіс.
ДНК: А-А-А-Ц-А-А-Ц-Т-А-Ц-Т-Т-Г-Т-А-Г-А-А-А-Ц-А-Ц-Ц-Ц-А-Г-А-Г-Т-А
2) n (А) = 14; n (Т) = 5; n (Г) = 4; n (Ц) = 7.
3) $\frac{n(A+T)}{n(G+C)} = \frac{19}{11} = 1,7$
 $\frac{n(A+T)}{n(G+C)} - ?$

(Відповідь: $\frac{n(A+T)}{n(G+C)} = 1,7$).

1. Ділянки структурних генів у про- і еукаріот мають схожі послідовності нуклеотидів: ЦАТ–ГТЦ–АЦА–ТТЦ–ТГА–ААА–ЦАА–ЦЦГ–АТА–ЦЦЦ–ЦТГ–ЦГГ–ЦТТ–ГГА–АЦА–АТА. Причому, у еукаріот послідовність нуклеотидів АЦА–ТТЦ–ТГА–ААА і ГГА–АЦА–АТА кодують інтронні ділянки про і-РНК. Яку

послідовність нуклеотидів матиме і-РНК, що транскрибується із цієї ділянки ДНК у про- і еукаріот? Яку послідовність амінокислот матиме білок, що кодується даною ділянкою гена у про- і еукаріот?

2. Ген прокариот та еукаріот складається із 14100 нуклеотидів, причому в еукаріот на екзонні ділянки припадає 3600 нуклеотидів. Знайти, за який час відбувається:

а) транскрипція і трансляція у прокариот, якщо швидкість транскрипції у прокариот складає 50 нуклеотидів за 1 секунду, а швидкість трансляції – 15 амінокислот за 1 секунду;

б) транскрипція та трансляція у еукаріот, якщо швидкість транскрипції у еукаріот складає 30 нуклеотидів за 1 секунду. Швидкість трансляції у еукаріот – 2 амінокислоти за 1 секунду.

3. Ділянка структурного гена має наступну послідовність нуклеотидів: АТА–ЦЦА–АЦА–ЦТА–ГГА–ЦГА–ГТА–ЦАА–ГТА–ТЦА–ГЦА–ТТА–ТГА–ААА–АГА–ТЦА–ЦТА–ААА–АТГ. Яку послідовність нуклеотидів матиме про-і-РНК, що транскрибується із цієї ділянки ДНК? Відомо, що кодони 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12 у про-і-РНК входить до складу інтронів. Яку послідовність матиме зріла і-РНК? Яку послідовність амінокислот матиме фрагмент білка, що кодується вказаною ділянкою гена? Які антикодони повинні бути у т-РНК, що забезпечують синтез даного фрагмента білка?

4. Білок А – мономер, який складається із 560 амінокислотних залишків. Ген цього білка має два інтрони (по 10000 пар нуклеотидів) і три екзони (кожен із яких містить однакову кількість пар нуклеотидів). Визначте:

а) скільки пар нуклеотидів у складі даного гена?

б) скільки пар нуклеотидів у складі кожного з екзонів?

в) скільки нуклеотидів містить кодуюча зона і-РНК даного білка?

5. Ділянки структурних генів у про- і еукаріот мають схожі послідовності нуклеотидів: ЦАТ–ГТЦ–АЦА–ТТЦ–ТГА–ААА–ЦАА–ЦЦГ–АТА–ЦЦЦ–ЦТГ–ЦГГ–ЦТТ–ГГА–АЦА–АТА. Послідовності нуклеотидів – АЦА–ТТЦ–ТГА–ААА і ГГА–АЦА–АТА кодують інтронні ділянки в еукаріот. Визначити:

– послідовність нуклеотидів у первинному транскрипті в еукаріот;

- послідовність нуклеотидів у зрілій і-РНК;
- поліпептидну послідовність амінокислот у прокаріот;
- поліпептидну послідовність амінокислот в еукаріот.

Яка відмінність у поліпептидних послідовностях амінокислот у прокаріот й еукаріот? Поясніть причину цієї відмінності.

6. Фрагмент ланцюга і-РНК складається із послідовно розміщених кодонів: АУЦ–ГУГ–АУГ–УГЦ–УУУ–АУА–ЦАА–АУЦ–УАА. Які амінокислоти повинні перенестись т-РНК до місця синтезу білка, що закодований цією ділянкою і-РНК, які антикодони повинні мати т-РНК?

7. Ділянка структурних генів у про- та еукаріот мають подібні послідовності нуклеотидів: ААГ–ГАА–ТАА–ЦАА–АЦГ–ГЦГ–ТЦГ–ЦЦГ–ЦТЦ–ТТЦ–ГТЦ–АТЦ–ГГЦ–АТТ–ГГТ–ТТТ–ЦТГ–ЦГЦ, причому в еукаріот послідовності нуклеотидів ЦАА–АЦГ–ГЦГ–ТЦГ та ГГТ–ТТТ–ЦТГ кодують інтрони ділянки попередниці і-РНК. Яку послідовність амінокислот має фрагмент білка, що кодується структурним геном: у про- та еукаріот?

8. Фрагмент ланцюга і-РНК складається із послідовно розміщених кодонів: АУЦ–ГУГ–АУГ–УГЦ–УУУ–АУА–ЦАА–АУЦ–УАА. Визначити, яка послідовність нуклеотидів у гені, що кодує відповідний білок? Які амінокислоти повинні брати участь у синтезі білка, закодованого цією ділянкою гена?

9. Ділянка структурного гена містить послідовність нуклеотидів: ЦАГ–ЦГГ–ЦТГ–ЦЦГ–ААА–ТГА–ЦАТ–ЦГТ–ЦТТ–ЦЦЦ–АТА–ЦАА–ТТЦ–ГТЦ. Визначити:

- послідовність нуклеотидів має попередниці і-РНК, що транскрибується із цієї ділянки структурного гена;
- послідовність нуклеотидів і-РНК коли кодони 3, 5, 9, 10, 11 у попередниці і-РНК входять до складу нітронів;
- послідовність амінокислот фрагменту білка, що кодується вказаною ділянкою структурного гена;
- антикодони містять т-РНК, що забезпечують синтез даного фрагменту білка.

10. Дана ділянка лівого ланцюга ДНК: Ц–Ц–Т–Т–Г–Т–Г–А–Т–Ц–А–Т. Визначити первинну структуру білка, синтезованого за генетичною інформацією у правому ланцюгу. Як зміниться

Завдання 7. Заповнити таблицю для узагальнення процесу трансляції

Етапи трансляції	Характеристика
1.	
2.	
3.	

Завдання 8. У схемі позначити назви етапів трансляції (1-4) і ферментів (5-7):

ДНК ¹ ДНК ² РНК ³ Поліпептидний ланцюг ⁴ Білок ⁵ ⁶ ⁷

Тестовий контроль знань із теми «ТРАНСЛЯЦІЯ»

1. Спадкова інформація зберігається у ДНК, але безпосередньої участі в синтезі білків у клітинах ДНК не приймає. Який процес забезпечує реалізацію спадкової інформації у поліпептидний ланцюг?

- а) трансляція;
б) транскрипція;
в) реплікація.

2. На одному з етапів біосинтезу білка відбувається зчитування генетичної інформації із молекули і-РНК. Яка хімічна сполука здійснює цей процес?

- а) т-РНК;
б) амінокислота;
в) р-РНК.

3. Одним із провідних процесів метаболізму клітини є зчитування інформації із генів, яка відбувається у ядрі і називається транскрипція. У процесі переписування інформації РНК-полімераза просувається уздовж нитки ДНК

від промотору до термінатора. Послідовність нуклеотидів цієї ділянки ДНК, що визначає утворення однієї молекули м-РНК, має назву:

- а) транскриптон;
- б) цистрон;
- в) спейсер.

4. Які структурні й хімічні компоненти беруть участь у трансляції?

- а) рибосоми, і-РНК, т-РНК, АТФ, нуклеотиди, ферменти;
- б) рибосоми, і-РНК, т-РНК, АТФ, амінокислоти, ферменти;
- в) рибосоми, про-РНК, т-РНК, АТФ, ліпіди, ферменти.

5. Однією із характеристик генетичного коду є його виродженість. Що це означає?

- а) амінокислоті відповідає більше одного кодону;
- б) кожному кодону відповідає одна амінокислота;
- в) одній амінокислоті відповідає один кодон.

6. Відомо, що при заміні одного нуклеотиду в ДНК замінюється лише одна амінокислота в пептиді. Яку властивість генетичного коду це доказує?

- а) неперервність;
- б) виродженість;
- в) універсальність.

7. Деякі триплети (УАА, УАГ, УГА) не кодують амінокислоти, а є термінаторами в процесі зчитування інформації. Як називаються триплети, які припиняють транскрипцію?

- а) стоп-кодон;
- б) оператор;
- в) кодон.

8. Яке з наведених нижче тверджень щодо синтезу білка вірне?

а) молекули т-РНК доставляють і-РНК із ядра до рибосом;
б) і-РНК, синтезована на ДНК-матриці в ядрі, несе в собі інформацію про послідовність з'єднання амінокислот у поліпептидний ланцюг;

- в) для кожного виду амінокислот є лише один кодон.

9. При всіх формах розмноження (статевому й нестатевому) елементарними дискретними одиницями спадковості є:

- а) один ген;
- б) один нуклеотид;
- в) один ланцюг ДНК.

10. У процесі трансляції до кожної і-РНК приєднується одночасно кілька рибосом, які розміщені уздовж її молекули на певній відстані одна від одної. Як називається трансляційний комплекс, що складається із однієї і-РНК та розміщених на ній кількох рибосом?

- а) полісома;
- б) нуклеосома;
- в) фагосома.

Висновки

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ТЕМА: *ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ ВНУТРІШНЬОВИДОВІЙ ГІБРИДИЗАЦІЇ*

Мета: закріпити теоретичні знання про Менделівські методи генетичного аналізу, навчитися розв'язувати задачі з генетики, визначати характер успадкування при моно-, ди- та полігібридному схрещуваннях, генотип та фенотип нащадків за генотипами батьківських форм і навпаки, а також прогнозувати можливість появи нащадків із патологічними ознаками.

Матеріали і обладнання: таблиці, зошит, калькулятор.

Питання теорії

1. Менделівський метод генетичного аналізу. Особливості експериментального методу Г. Менделя.
2. Генетична символіка. Правила запису механізму схрещування.
3. Моногібридне схрещування та його закономірності:
 - а) поняття про домінантність та рецесивність;
 - б) поняття про фенотип та генотип; фенотиповий радикал;
 - в) алельні гени;
 - г) гіпотеза чистоти гамет;
 - д) правило домінування гібридів першого покоління;
 - е) правило розщеплення гібридів другого покоління;
 - ж) аналізуюче схрещування: суть та значення;
 - з) взаємні та зворотні схрещування.
4. Умови виконання правил Г. Менделя.

Термінологічний апарат: фенотип, генотип, альтернативна ознака, домінантна ознака, рецесивна ознака, ген, гібрид, лінія, гамета, алельні гени, неалельні гени, успадкування, гомозигота, гетерозигота, аналізуюче схрещування, зворотне схрещування, реципрокне схрещування.

Теоретична частина

Генотип – сукупність усієї генетичної інформації організму. Сукупність усіх ознак і властивостей організму, які є

наслідком взаємодії генотипу і навколишнього середовища, називають **фенотипом**.

Схрещування, при якому батьківські особини аналізуються за альтернативною парою виявів однієї ознаки, називають **моногібридним**.

При вивченні закономірностей успадкування із використанням гібридологічного аналізу звичайно схрещують організми, які відрізняються один від одного **альтернативними** (взаємовиключними) виявами ознак. Наприклад, можна взяти горох із жовтим і зеленим насінням, зморшкуватим і гладеньким насінням, пурпуровим і білим забарвленням квіток та ін.

Гени, які визначають розвиток альтернативних виявів ознаки, прийнято називати алельними або алеломорфними парами, вони розташовуються в одних і тих самих локусах гомологічних хромосом.

Якщо в обох гомологічних хромосомах знаходяться однакові алелі гена, такий організм називається **гомозиготним** і дає тільки один тип гамет.

Якщо ж алелі гена різні, то такий організм носить назву **гетерозиготного** за даною ознакою, він утворює два типи гамет.

Вияв ознаки в першому поколінні отримав назву **домінантного**, а той вияв, що був пригнічений – **рецесивного**.

Оскільки гени розташовані в хромосомах то, в результаті мейозу гомологічні хромосоми (а з ними алелі генів) розходяться у різні гамети. Оскільки гомозиготна особина в своєму наборі хромосом містить тільки один алель, то така особина утворює тільки один тип гамет (за даним геном). При схрещуванні двох гомозиготних особин у першому поколінні утворюються гетерозиготні гібриди.

Під час запису схеми схрещування дотримуються загальноприйнятих позначень. Великими (прописними) літерами, наприклад «**A**» позначається домінантний алель, рядковою «**a**» – рецесивний. Особина, гомозиготна за домінантним алелем, записується як **AA**, гомозиготна за рецесивним – **aa**, а гетерозиготна як **Aa**. Рецесивний вияв ознаки проявляється тільки в гомозиготному стані, а домінантний – як у гомозиготному, так і в гетерозиготному. Батьківські форми позначають буквою P (від. лат. «*perenta*» – батьки), жіночу стать

знаком ♀ (дзеркалом Венери), чоловічу стать – ♂ (щит і спис Марса), гібридне покоління позначають буквою F (від лат. “*fili*” – діти) з цифровим індексом, відповідно порядковому номеру гібридного покоління. Наприклад F₁ – перше покоління, F₂ – друге покоління. Схрещування позначають знаком множення (x). Першою прийнято записувати материнську форму, другою – батьківську. Гамети материнської і батьківської особин записують під їхніми генотипами (табл. 5.1).

Табл. 5.1

Схема схрещування:

P ₁ (батьківські форми)	♀ AA x ♂ aa	
G (гамети)	A	a
F ₁	Aa	

Моногібридне схрещування – це схрещування форм, за якого простежується успадкування за однією парою алелей, при цьому форми відрізняються однією протилежною ознакою.

Перший закон Менделя або закон одноманітності гібридів першого покоління: усі гібриди першого покоління однакові (гетерозиготи).

Приклад моногібридного схрещування

(Перший закон Г. Менделя)

Дано: A – ген, що детермінує червоне забарвлення квіток гороху; a – ген, що детермінує біле забарвлення квіток гороху; AA – червоні квітки гороху; Aa – червоні квітки гороху; aa – білі квітки гороху.	Розв’язання Запишемо схему схрещування: P ♀ AA (чер.) x ♂ aa (білі) G A a F₁ Aa (червоні) – 100 %
---	--

Гетерозиготні особини Aa містять різні алелі цього гена в гомологічних хромосомах, тому утворюють два типи гамет – половина гамет містить домінантний алель «A», і половина –

рецесивний алель «а». Якщо схрестити одержані гетерозиготні особини, то у другому поколінні спостерігається розщеплення. Процес появи у другому поколінні ознак обох батьківських організмів (домінантних і рецесивних) називається *розщепленням*.

Приклад моногібридного схрещування (Другий закон Г. Менделя)

Дано: А – ген, що детермінує червоне забарвлення квіток гороху; а – ген, що детермінує біле забарвлення квіток гороху; АА – червоні квітки гороху; Аа – червоні квітки гороху; аа – білі квітки гороху.	Розв’язання Запишемо схему схрещування: P ♀ Аа (чер.) × ♂ Аа (білі) G А, а А, а F₂ АА, 2Аа (червоні) – 75 % аа (білі) – 25%
---	---

При довільному сполученні цих гамет (яке можна записати у вигляді решітки Пеннета) одержимо гомозиготні і гетерозиготні (табл. 5.2).

Табл. 5.2

Схема схрещування:

♀ \ ♂	А	а
	А	а
А	АА	Аа
а	Аа	аа

3:1 – формула розщеплення за фенотипом у F₂ моногібридного схрещування за повного домінування ознак.

1:2:1 – формула розщеплення за генотипом у F₂ моногібридного схрещування за повного домінування ознак.

Другий закон Менделя (закон розщеплення): при схрещуванні двох гетерозиготних організмів, тобто гіридів, які аналізуються за однією парою альтернативних ознак, у потомстві

спостерігається розщеплення за фенотипом у співвідношенні 3:1 і за генотипом у співвідношенні 1:2:1.

Схрещування гібридів першого покоління із однією з батьківських форм, у якої дана ознака перебуває у «чистоті», називається **поворотним схрещуванням (бек-кросом)**. Гібридне покоління від такого схрещування прийнято позначати **F_b**. Результат схрещування залежить від того, з якою батьківською формою, домінантною чи рецесивною, провести схрещування.

Схрещування за допомогою якого можна встановити генотип особин називають **аналізуючим**. Це схрещування особин, генотип якої невідомий, з аналізатором. У якості аналізатора використовують особину з відомим генотипом. Найбільш зручним аналізатором є рецесивна гомозигота. За фенотипом потомства від аналізу чого схрещування визначають генотип особини, яку аналізують.

Хід роботи

Завдання 1. Вивчити та записати визначення правила чистоти гамет.

Завдання 2. Обґрунтувати за яких умов виконуються правила Г. Менделя.

Завдання 3. Вивчити та записати перший і другий закон Менделя.

Завдання 4. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

Приклад

При схрещуванні коричневої норки з сірою – все потомство коричневе. У F_2 отримано 47 коричневих та 15 сірих норок. Яка ознака домінує? Скільки буде гомозигот серед 47 коричневих і 15 сірих? Як це визначити?

Дано:	Розв'язання
А – коричневий колір шерсті, а – сірий. F_2 – 47 коричневих та 15 сірих норок	Запишемо схему схрещування: 1. Р ♀ AA (кор.) x ♂ aa (сірі) G A a F₁ Aa (коричневі) Далі коричневі норки схрестили між собою:
Визначити: Кількість гомозигот у F_2 ?	2. Р ♀ Aa (кор.) x ♂ Aa (кор.) G A, a A, a F₁ 1 AA (коричневі) : 2 Aa (коричневі) : 1 aa (сірі). Фактична чисельність: 47 коричневих та 15 сірих норок. Із схеми схрещування видно, що всі сірі норки – гомозиготні за рецесивним алелем (а). Серед коричневих 1/3 частина коричневих норок – гомозиготи за домінантним алелем (А) і 2/3 – гетерозиготи. Відповідь: 1/3 від 47 становить приблизно 15 гомозиготних норок.

1. Перелічимо кілька ознак у людини: шкіра в ластовинні (Л), волосся темне (Т), очі блакитні (Б), на руці п'ять пальців (П), волосся світле (С), волосся хвилясте (Х), в еритроцитах є резус фактор (Р), очі карі (К), полідактилія (П), волосся пряме (В). Визначте, які з перелічених ознак альтернативні. Випишіть альтернативні ознаки літерами за парами.

2. Особини мають такі генотипи: AA, aa, Вв, CC, Dd, Ee. Які з них: а) гетерозиготи, б) гомозиготи.

3. Руде волосся рецесивна ознака, неруде – домінантна, при яких шлюбах будуть народжуватися діти з ймовірністю: а) всі руді, б) 25 %, в) 50 %.

4. Схрестили сорти гарбуза з жовтими і білими плодами. У першому поколінні одержали 104 рослини, на яких утворилися білі плоди. При схрещуванні гібридних рослин між собою одержали 229 рослин, з яких 171 мали білі плоди, а 58 – жовті. Як успадковується забарвлення плодів у гарбуза?

5. При схрещуванні між собою жовтих мишей частина потомства виявляється чорною, а частина – жовтою. При схрещуванні між собою чорних мишей завжди отримують чорне потомство. Яка ознака домінує?

6. У людини ген карих очей домінує над геном блакитних. Кароока дівчина, у батька якої очі були блакитні, а в матері карі, вийшла заміж за блакитноокого юнака, батьки якого мали карі очі. Якого кольору очі можливі у їх дітей? Напишіть генотипи всіх осіб, які згадуються в задачі.

7. Альбінізм успадковується людиною як рецесивна ознака. У сім'ї, де один із батьків альбінос, а інший нормальний, народилися близнюки, один із яких був альбіносом. Яка імовірність народження наступної дитини альбіносом?

8. Кохінурові норки мають світле забарвлення із чорним хрестом на спині. При схрещуванні кохінурової норки з білою половина потомства виявилася білим, а половина – кохінуровим. Схрещування кохінурових норок із чорними дає половину кохінурових і половину чорних потомків. Визначте генотипи усіх форм норок.

9. У курей нормальне оперення домінує над шовковистим. Є півень із нормальним оперенням невідомого походження. Як найлегше визначити його генотип?

10. У курей породи віандот трояндоподібну форму гребеня визначає домінантний алель, а просту – рецесивний. При схрещуванні курей із простою формою гребеня всі нащадки її успадковують, а серед нащадків курей із трояндоподібною формою були особини із обома типами гребенів. Яке схрещування має здійснити фермер, який бажає отримати курей виключно з трояндоподібною формою гребеня?

**Тестовий контроль знань із теми
«ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ
УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ ВНУТРІШНЬОВИДОВІЙ
ГІБРИДИЗАЦІЇ»**

1. Уперше сформулював основні закономірності успадкування ознак за внутрішньовидової гібридизації:

- а) К. Корренс;
- б) Г. Мендель;
- в) Г. де Фріз;

2. Гібрид і його покоління позначається:

- а) зМ, зТ;
- б) F_0 , F_1 , F_2 , F_3 , F_n ;
- в) M_0 , M_1 , M_2 , M_3 , M_n ;

3. Дайте визначення поняттю «реципрокне схрещування»:

а) схрещування материнської форми з батьківською і навпаки;

- б) насичуючі схрещування;
- в) складні схрещування.

4. Які гени називають домінантними?

- а) не проявляються у гетерозиготному стані;
- б) проявляють свою дію у гетерозиготному стані;
- в) не транскрибуються.

5. Які гени називають рецесивними?

- а) які проявляють свою дію у гетерозиготному стані;
- б) які не транскрибуються;
- в) які проявляють свою дію у гомозиготному стані.

6. Які ознаки мають назву альтернативних?

- а) протилежні;
- б) однакові;
- в) ті, що кодуються домінантними генами.

7. Яка формула розщеплення за генотипом при моногібридному схрещуванні гетерозигот?

- а) $1 : 2 : 1$;
- б) $9 : 3 : 3 : 1$;
- в) $1 : 1$

8. Які особини мають назву гомозиготних за певною ознакою?

- а) ті, що здатні утворювати один сорт гамет;
- б) ті, що здатні утворювати різні сорти гамет;
- в) не утворюють гамет.

9. Яку особину називають гетерозиготною?

- а) здатну утворювати один сорт гамет;
- б) таку, що не утворює гамет;
- в) здатна утворювати різні сорти гамет.

10. Яку назву має перший закон Г. Менделя?

- а) закон розщеплення;
- б) закон незалежного комбінування;
- в) закон одноманітності.

Висновки:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6
ТЕМА: УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ ВЗАЄМОДІЇ
АЛЕЛЬНИХ І НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ

Мета: закріпити теоретичні знання про успадкування ознак при взаємодії алельних і неалельних генів, навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

Матеріали і обладнання: таблиці, зошит.

Питання теорії

1. Види взаємодії генів однієї алельної пари:
 - а) повне домінування;
 - б) неповне домінування, проміжне успадкування;
 - в) наддомінування;
 - г) кодомінування.
2. Множинний алелізм.
3. Плейотропія.
4. Успадкування ознак при ди- та полігібридному схрещуванні:
 - а) дигетерозиготи, димонозиготи;
 - б) закон незалежного успадкування ознак (третій закон Г. Менделя).
5. Види взаємодії генів різних алельних пар:
 - а) комплементарна взаємодія генів:
 - розщеплення 9:3:3:1;
 - розщеплення 9:7;
 - розщеплення 9:3:4;
 - розщеплення 9:6:1.
 - б) епістатична взаємодія генів, поняття про епістатичні гени, домінантний та рецесивний епістаз: розщеплення 13:3; розщеплення 12:3:1;
 - в) полімерія, поняття про множинні гени, кумулятивна та некумулятивна полімерія;
 - г) модифікуюча дія генів.

Термінологічний апарат: алель, алельні гени, повне домінування, неповне домінування, проміжне успадкування, наддомінування, кодомінування, множинний алелізм,

плейотропія, полігібридне схрещування, дигібридне схрещування, дигетерозиготи, епістаз, гени супресори (інгібітори), модифікуюча дія генів, полімерія.

Теоретична частина

Неповне домінування. При неповному домінуванні в гетерозиготному організмі **Aa** домінантний ген **A** неповністю пригнічує рецесивний ген **a**, внаслідок чого виявляється проміжна між батьківськими ознака (рожеве забарвлення нічної красуні).

Наддомінування – це один із типів взаємодії генів, при якому домінантна алель у гетерозиготі має сильніший фенотипний прояв, ніж у гомозиготі. Наприклад: у дрозофіли при генотипі **AA** – нормальна тривалість життя, **Aa** – подовжена, **a** – **aa** – летальний випадок.

Кодомінування – явище незалежного один від одного прояву обох алелей у фенотипі гетерозиготи, іншими словами відсутність домінантно-рецесивних взаємозв'язків між алелями. Наприклад, взаємодія алелей I^a та I^b , які визначають четверту групу крові людини.

Алель – це певний стан гена. Різні стани гена зумовлюють фенотипові відмінності. Так, ген **A** у домінантному стані детермінує жовте забарвлення насіння гороху, а в рецесивному – **a** – зелене. Деякі гени представлені в популяції більше ніж двома алельними станами. Таке явище отримало назву **множинного алелізму**. Всі алелі одного гена прийнято позначати однією літерою з різними індексами – наприклад: I^a , I^b , I^c . Прикладом множинного алелізму є успадкування груп крові людини системи АВО (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Генотипи і фенотипи груп крові людини системи АВО

Група крові (фенотип)	Генотип
О (I)	$I^o I^o$
А (II)	$I^o I^a, I^a I^a$
В (III)	$I^o I^b, I^b I^b$
АВ (IV)	$I^a I^b$

Алельні гени завжди локалізовані в гомологічних ділянках гомологічних хромосом. Оскільки в каріотипі завжди дві гомологічні хромосоми, то ї при множинних алелях кожний організм може мати одночасно лише два алелі. У статеву клітину (при розходженні гомологічних хромосом) потрапляє одна з них.

Схрещування у якому батьківські форми відрізняються алельним станом декількох генів, носить назву полігібридного; алельним станом двох генів – дигібридного. Гібриди, гетерозиготні за двома локусами (генами), називаються **дигетерозиготами**.

Класичний приклад дигібридного схрещування наведений в роботі Г. Менделя, який схрещував рослини гороху з круглим (гладеньким) жовтим насінням (домінантні ознаки) з рослинами, які мали зелене зморшкувате насіння (рецесивні ознаки).

Позначивши літерою **A** ген, який відповідає за колір насіння гороху: **A** – жовтий (домінантний), **a** – зелений (рецесивний), а літерою **B** ген, який відповідає за форму горошин: **B** – гладенька, **b** – зморшкувата, можна записати схему схрещування (табл. 6.2):

Схема схрещування:

P ₁ (батьківські форми)	♀ AABV × ♂ aavv	
G	AB	av
F ₁	AaBv	
G	AB, Ав, aB, av	

Під час мейозу, коли у гамети розходяться по одній гомологічній хромосомі від кожної пари, будуть утворюватися у рівній кількості гамети із усіма можливими комбінаціями хромосом і алелів генів, які вони містять.

Для аналізу всіх можливих генотипів потомства F₂ скористаємося решіткою Пеннета:

♂ ♀	AB	Av	aB	av
AB	AABV	AABv	AaBV	AaBv
Av	AABv	AAbb	AaBv	Aaav
aB	AaBV	AaBv	aaBV	aaBv
av	AaBv	Aaav	aaBv	aaav

Із урахуванням того, що домінантні гомозиготи і гетерозиготи не відрізняються за фенотиповим виявом, розщеплення за фенотипом буде таким: 9/16 жовтих гладеньких, 3/16 жовтих зморшкуватих, 3/16 зелених гладеньких і 1/16 зелених зморшкуватих. Якщо позначити другий алель гена в генотипі рисою (фенотиповий радикал), за якою може ховатися домінантний або рецесивний алель гена, розщеплення в F₂ можна записати як:

9A_B_ : 3A_вв : 3aaB_ : 1aавв

На підставі аналізу даних дигібридного схрещування було сформульовано **третій закон Менделя: закон незалежного успадкування ознак, або вільного комбінування пар ознак.**

Розвиток будь-яких ознак організмів є наслідком складної взаємодії генів, точніше, поліпептидів, які вони кодують. Розрізняють наступні типи взаємодії неалельних генів – комплементарна дія, епістаз і полімерію.

Комплементарними, або взаємодоповнюючими, називають такі домінантні гени, які при сумісному перебуванні в організмі (генотипі) зумовлюють вияв нової ознаки.

Під **епістазом** розуміють пригнічення неалельним геном (епістатичним або супресором) дії іншого гена, який називають гіпостатичним. Залежно від того, в якому стані (домінантному або рецесивному) епістатичний ген пригнічує дію іншого гена, розрізняють домінантний або рецесивний епістаз.

Полімерія – такий тип взаємодії генів, при якому два або більше неалельних генів однаковою мірою впливають на розвиток однієї ознаки. Такі гени називають однозначними або полімерними, а ознаки, які ними визначаються – полігенними. Полімерні гени прийнято позначати однаковими латинськими літерами з нижнім індексом – A_1, A_2, A_3 і т.д.

Тип полімерії, за якої вплив домінантних алелей накопичується, називають **кумулятивною полімерією**. **Некумулятивна полімерія** – це випадок, коли для формування певного фенотипу достатньо наявності одного домінантного алеля, і кількість таких алелей не впливає на фенотиповий вияв ознаки.

Хід роботи

Завдання 1. Скласти і заповнити структурно-логічну блок схему «Види взаємодії алельних генів».

Завдання 2. Заповніть таблицю «Порівняльна характеристика типів схрещувань» (табл. 6.3):

Таблиця 6.3

Порівняльна характеристика типів схрещувань

Параметри	Типи схрещувань		
	Моногібридне	Дигібридне	Полігібридне
Кількість типів гамет, утворених гібридом F ₁			
Кількість комбінацій гамет при утворенні F ₂			
Розщеплення за фенотипом у F ₂			
Розщеплення за генотипом у F ₂			

Завдання 3. Складіть і заповніть структурно-логічну блок схему «Види взаємодії генів різних алельних пар».

Завдання 4. Обґрунтуйте й запишіть можливі розщеплення за генотипом при комплементарній дії генів.

Завдання 5. Заповніть таблицю «Типи полімерії» (табл. 6.4):

Таблиця 6.4

Типи полімерії

Тип полімерії	
1	2

Завдання 6. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

Приклад 1.

Дано: Генотипи дітей F₁: I⁰I⁰(перша група), I^A I^B(четверта група)

Визначити: Генотипи і групи крові батьків?

Дано:

I^A, I^B, I^0 – гени, які визначають групи крові людини.
 I^0I^0 – перша група,
 $I^A I^0$ або $I^A I^A$ – друга група
 $I^B I^0$ або $I^B I^B$ – третя група
 $I^A I^B$ (четверта група)
 Генотипи дітей F: I^0I^0 (перша група), $I^A I^B$ (четверта група).

Генотипи і групи крові батьків?

Розв'язання

Дана задача є прикладом задач, в яких наведені фенотипи або генотипи дітей, і необхідно за генотипами дітей встановити генотипи батьків. У такому випадку записують схему схрещування у напрямку знизу доверху, не вказуючи (або вказуючи неповно) генотипи батьківських особин, записують генотипи дітей, потім встановлюють гамети батьків, які потрібні для народження дітей саме з цими генотипами, і за гаметами відновлюють генотипи батьків.

Запишемо схему схрещування:

З.Р ♀ $I^A I^0$ ♂ $I^B I^0$

G I^A, I^0 I^B, I^0

F₁ I^0I^0 – перша група, $I^A I^B$ (четверта група)

Відповідь: У батьків була друга і третя групи крові

1. Ротики садові з широким листям, схрещуючись між собою, завжди дають рослини з широким листям, а рослини з вузьким – потомство лише з вузьким листям. Унаслідок схрещування широколистої рослини з вузьколистю виникає рослина з листям проміжної ширини. Яким буде потомство від схрещування двох рослин з листям проміжної ширини? Які рослини одержимо, якщо схрещувати вузьколистю рослину з рослиною, що має проміжне листя?

2. У пологовому будинку переплутали двох хлопчиків. У одного з них II група крові, а у другого – III. Чи можливо шляхом дослідження груп крові встановити справжнє батьківство, якщо батьки одного мають I і IV групи крові, а батьки другого – II і III?

3. Чоловік, батьки якого мали I і IV групи крові, одружився із жінкою із III групою крові. Від цього шлюбу народилося троє дітей з I, II і IV групами крові. Яка група крові у батька дітей і чи можливе народження у цій сім'ї дитини з III групою крові?

4. У трьох дітей у сім'ї групи крові А (II), В (III), АВ (IV). Які групи крові можуть бути у батьків?

5. Які групи крові можуть бути у дітей від шлюбу чоловіка, у якого друга група крові з жінкою, у якої третя група крові, якщо вони обоє гетерозиготи?

6. У котів є серія множинних алелей за геном (В), який визначає забарвлення шерсті: алель (В) зумовлює сірий колір шерсті, (в^c) – сіамські коти (кремові з чорними вушками та чорними лапками) і (в) – білі коти з червоними очима (альбіноси). Кожен із алелей повністю домінує над (с) наступним чином (В>в^c>а). Від схрещування сірої кішки з сіамським котом народилося двоє кошенят: сіамський та альбінос. Які кошенята можуть народитися ще при цьому схрещуванні? Яке розщеплення варто очікувати в потомстві від схрещування цього сіамського кота з червоноокою білою самочкою?

7. Після схрещування між собою чистопородних білих курей потомство виявляється білим, а чорних – чорним. Потомство від схрещування білих і чорних курей виявляється строкатим. Яке забарвлення матимуть потомки: а) білого півня і строкатої курки? б) потомки двох строкатих особин?

8. У рослин нічної красуні червоне забарвлення квіток не повністю домінує над білим. Гетерозиготні рослини (Āа) мають рожеве забарвлення. Визначте генотипи і фенотипи гібридів від схрещування рожевоквіткової рослини з червоноквітковою.

9. У кролів забарвлення шерсті визначається серією множинних алелей: (А) – темний колір, (a^{ch}) – шиншилові кролі (сірі), (a^h) – гімалайські і (а) – білі. Кожен із алелей повністю домінує над наступним: (А >a^{ch}>a^h> а). Від схрещування гімалайської кролиці з шиншиловим кролем народилося двоє кроленят: сірий та білий. Вкажіть генотипи батьківських форм і всіх можливих нащадків.

10. У мишей ген домінування жовтої пігментації шерсті (Y) має летальну дію у гомозиготному стані (ембріони з генотипом (YY) гинуть). Його рецесивна алель (у) обумовлює чорну пігментацію і життєздатність мишенят: а) схрестили двох жовтих мишей; якого розщеплення за кольором шерсті можна очікувати в першому поколінні? б) жовта миша схрещена з чорною; якого кольору шерсть буде у мишенят першого покоління?

Приклад 2.

У дрозоділі наявність очей успадковується як домінуюча ознака, а відсутність як рецесивна. Ген нормальних крил домінує над недорозвиненими. Схрестили двох мушок-дрозоділ гетерозиготних за двома парами ознак. Чи можна передбачити фенотипи їх потомства?

Дано:

В – наявність очей

b – відсутність очей

C – нормальні крила

c – недорозвинені крила

♀ BbCc – материнська особина

♂ BbCc – батьківська особина

F₁ (фенотип) – ?

Розв'язання

P ♀ BbCc X ♂ BbCc

G: BC, Bc, bC, bc BC, Bc, bC, bc

♀ \ ♂	BC	Bc	bC	bc
BC	BBCC	BBCc	BbCC	BbCc
Bc	BBCc	BBcc	BbCc	Bbcc
bC	BbCC	BbCc	bbCC	bbCc
bc	BbCc	Bbcc	bbCc	bbcc

9 : 3 : 3 : 1

Відповідь: 9/16 – мухи з очима та нормальними крильми, 3/16 – мухи безокі та мають нормальні крила, 3/16 – мухи з очима та мають недорозвинені крила, 1/16 – мухи без очей та з недорозвиненими крилами. Отже, як видно із решітки Пеннета фенотипові вірогідність можна передбачити.

1. Які типи гамет утворюють рослини наступних генотипів: а) AABV, б) AaBV, в) aaBV г) AABv, д) AaBv, е) aavv?

2. У людини карі очі (B) домінують над блакитними (b), а здатність краще володіти правою рукою (P) – над здатністю краще володіти лівою (p). Карокий правша одружився із блакитноокою шульгою. Перша дитина є блакитноокою та шульгою. Які фенотипи можуть мати інші нащадки цієї пари?

3. У помідорів алель, який визначає кулясту форму плодів, домінує над алелем, що визначає грушоподібну, а алель, що

визначає високе стебло, — над алелем, що визначає низьке стебло. Гени, які визначають форму плодів і висоти стебла, розташовані в негомологічних хромосомах. Схрестили дві чисті лінії: рослини з високим стеблом і кулястими плодами та рослини з низьким стеблом і грушоподібними плодами. Усі гібриди першого покоління мали високе стебло та утворювали кулясті плоди. При схрещуванні гібридів першого покоління отримали 4893 нащадки. Визначте, які варіанти генотипів і фенотипів траплятимуться серед гібридів другого покоління. Які співвідношення фенотипів (у відсотках) спостерігатимуть серед гібридів другого покоління?

4. У гороху посівного червоне забарвлення віночка домінує над білим, а довге стебло – над коротким. Селекціонери схрестили дві лінії гороху, одна з яких мала червоне забарвлення віночка та коротке стебло, інша – біле забарвлення віночка та довге стебло. Серед гібридів 1-го покоління 4672 рослини мали червоне забарвлення віночка та довге стебло, а 4421 – червоне забарвлення віночка та коротке стебло. Визначте генотипи батьківських форм. Якими будуть генотипи нащадків, отриманих від схрещування гібридів першого покоління між собою?

5. Червоне забарвлення плодів томата визначається взаємодією комплементарних домінантних генів (R і T). Оранжеві плоди утворюють рослини з генотипом ($rrT-$), проміжні жовто-оранжеві – рослини з генотипом ($rrtt$). Які генотипи з'являться у другому поколінні гібридів після схрещування рослин із жовтими ($RRtt$) і оранжевими ($rrTt$) плодами?

6. Схрестили дві рослини вівса. Перша має зерно чорного кольору, що визначається генами ($A_1A_1A_2A_2$), друга – жовтого, що визначається генами ($a_1a_1a_2a_2$). Рослини, що мають проміжний генотип, фенотипово відрізняються різними відтінками забарвлення зерна (від темно-сірого до світло-сірого). Визначте вид взаємодії генів і розщеплення за кольором зерна внаслідок схрещування рослин із генотипами ($A_1a_1A_2a_2 \times A_1a_1A_2a_2$).

7. Червоне забарвлення цибулини в городньої цибулі визначається домінантним геном (A), жовте – його рецесивною алеллю (a). Проте вияв забарвлення, обумовленого цими генами,

можливий лише за наявності іншого, не зчепленого з ними домінантного гена (В), рецесивна алель якого (b) пригнічує вияв забарвлення, і цибулини виростають білими. Червону цибулю схрестили з жовтою і серед гібридів виявились рослини із червоними, жовтими й білими цибулинами. Визначте генотипи батьківських рослин і гібридів.

8. Вуха кроликів породи баран мають 30 см. довжини, у інших порід – 10 см. Довжина вух залежить від двох пар генів із однозначною дією. Генотип кроликів породи баран – ($L_1L_1L_2L_2$), звичайних кроликів – ($l_1l_1l_2l_2$). Визначте довжину вух кроликів F_1 та в усіх можливих генотипів F_2 .

**Тестовий контроль знань із теми
«УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ ВЗАЄМОДІЇ АЛЕЛЬНИХ
І НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ»**

- 1. До взаємодії між алельними генами не належить:**
 - а) компліментарність;
 - б) наддомінування;
 - в) домінування.
- 2. До взаємодії неалельних генів не належить:**
 - а) кодомінування;
 - б) компліментарність;
 - в) епістаз.
- 3. Що таке неповне домінування?**
 - а) явище, коли один ген кодує декілька ознак;
 - б) явище, коли для прояву ознаки потрібна дія двох домінантних генів;
 - в) вплив на прояв ознаки як домінантного, так і рецесивного алелів.
- 4. Що таке кодомінування?**
 - а) явище, коли ознака формується під спільною дією двох домінантних алелів;
 - б) взаємодоповнення двох неалельних генів;
 - в) відповідність між певними нуклеотидами в молекулі ДНК.
- 5. Що таке плейотропія?**
 - а) неповне домінування;
 - б) залежність певної ознаки від декількох генів;
 - в) залежність декількох ознак від дії одного гена.

6. Що підвищує експресивність?

- а) полімерна дія генів;
- б) принцип комплементарності;
- в) плейотропний ефект.

7. Що таке комплементарна дія генів?

- а) відповідність між парами нуклеотидів у молекулі ДНК;
- б) відповідність певної амінокислоти кодону;
- в) взаємодоповнення двох неалельних домінантних генів.

8. Яка формула розщеплення за фенотипом при дигібридному схрещуванні?

- а) $1 : 2 : 1$;
- б) $9 : 3 : 3 : 1$;
- в) $3 : 1$.

9. Яку назву має третій закон Г.Менделя?

- а) закон одноманітності;
- б) закон гомологічних рядів спадкової мінливості;
- в) закон незалежного комбінування.

10. Як записується генотип людини з I групою крові за системою АВО?

- а) $I^A I^B$;
- б) $I^A I^O$;
- в) $I^O I^O$.

Висновки:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Тема: *УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ*

Мета: Закріпити знання про хромосомний механізм визначення статі й успадкування, зчеплене зі статтю. Навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

Матеріали і обладнання: таблиці, зошит.

Питання теорії

1. Визначення статі:
 - а) типи визначення статі (епігамний, прогамний, сингамний тип);
 - б) хромосомне визначення статі (гінандроморфізм, голандричне успадкування, гаплодиплоїдний механізм визначення статі);
 - в) статі і статеві хромосоми у рослин (балансова теорія).
2. Успадкування ознак, зчеплених зі статтю:
 - а) поняття про ознаки зчеплені зі статтю (приклади);
 - б) особливості успадкування зчеплених зі статтю ознак при гетерогаметності жіночої статі;
 - в) нерозходження статевих хромосом.

Понятійний апарат: статі, статеві хромосоми, аутосомні хромосоми, гетерогаметна статі, гомогаметна статі.

Теоретична частина

Статі – це сукупність контрастуючих генеративних і пов'язаних з ними анатомічних, фізіологічних і біохімічних ознак особин одного виду. Статі, як і будь-яка ознака організму, формується у процесі онтогенезу на основі генотипу організму і взаємодій внутрішніх і зовнішніх факторів.

У переважної більшості різностатевих організмів статі визначається набором статевих хромосом. **Статевими** називають хромосоми, які відрізняються у особин різної статі. Решту хромосом, ідентично представлених у клітинах обох статей, називають **аутосомами**. Диплоїдний набір людини

складається із 46 хромосом (23 пари). Кожна соматична клітина містить 22 пари аутосом і одну пару статевих хромосом: XX – у жінок, XY – у чоловіків.

Стать, у каріотипі якої містяться різні статеві хромосоми і яка утворює гамети двох типів, називають **гетерогаметною** (XY). Стать, у каріотипі якої містяться дві однакові статеві хромосоми і утворюються гамети одного типу називають **гомогаметною** (XX).

Хромосому, яка знаходиться у особин жіночої статі у подвійній кількості, прийнято називати X-хромосомою, іншу – Y-хромосомою. У клопа *Lygeus*, дрозофіли, двокрилих комах, риб, ссавців і людини особини жіночої статі гомогаметні, тобто містять дві X-хромосоми, а чоловічої – гетерогаметні, тобто містять X і Y хромосому.

У птахів, метеликів, рептилій гетерогаметною є жіноча стать (XY або XO), а гомогаметною – чоловіча (XX). У таких випадках хромосому X позначають літерою Z, а хромосому Y – літерою W. Таке позначення хромосом вказує на вид із гетерогаметною жіночої статі.

Успадкування ознак, які визначають гени, розміщені в статевих хромосомах, одержало назву успадкування, **зчепленого зі статтю**. Для успадкування, зчепленого зі статтю, характерним є відхилення від менделівського розщеплення, відмінність результатів реципрокних схрещувань, відмінність розщеплення серед особин різних статей. Типовим є так зване **кріс-крос** (хрест – навхрест) успадкування: сини успадковують ознаку матері, а дочки – ознаку батька.

Хід заняття

Завдання 1. Перерахуйте й охарактеризуйте типи визначення статі:

Завдання 2. Вивчіть та запишіть основні особливості спадкування ознак, зчеплених зі статтю.

Завдання 3. Складіть таблицю «Групи генів залежно від того, в яких ділянках статевих хромосом вони знаходяться».

Завдання 4. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

Приклад

У людини відсутність потових залоз успадковується як рецесивна ознака, локалізована в Х-хромосомі. Здоровий юнак одружується із жінкою, мати якої мала дану аномалію. Якими будуть діти від цього шлюбу?

Дано:	Розв'язання
X^A – наявність потових залоз X^a – відсутність потових залоз $\text{♀}X^AX^a$ – жінка $\text{♂}X^AY$ – юнак	$ \begin{array}{ccc} P & \text{♀}X^AX^a & \times & \text{♂}X^AY \\ & \swarrow \quad \searrow & & \swarrow \quad \searrow \\ G: & X^AX^a & & X^AY \end{array} $ $F_1: X^AX^A, X^AY, X^AX^a, X^aY.$ Відповідь: 25 % хлопчиків будуть мати дану аномалію (відсутність потових залоз), 25 % будуть здоровими, всі дівчата від цього шлюбу, а це 50 % будуть здоровими, але 25 % із них будуть носіями рецесивного алеля, як їх мати.

1. Смогасте забарвлення оперення курей (плімутроків) визначається домінантним геном, що знаходиться в Х – хромосомі. Рецесивний ген визначає суцільне забарвлення оперення (чорне, червоне). Схрещується смугаста курка з півнем, що має чорне суцільне забарвлення оперення. Визначити фенотики і генотики першого покоління.

2. Відсутність потових залоз у людей передається по спадковості як рецесивна ознака, зчеплена зі статтю. Юнак, який не страждає відсутністю потових залоз, одружився із дівчиною, батько якої не має потових залоз, а мати і її батьки здорові. Яка ймовірність того, що сини й дочки від цього шлюбу будуть страждати відсутністю потових залоз? Будуть внуки тієї чи іншої статі страждати цим захворюванням, коли припустити, що дружини синів і чоловіки дочок будуть здоровими людьми?

3. Дальтонізм (нездатність розрізняти червоний і зелений кольори) – рецесивна ознака, яка визначається геном, локалізованим в Х – хромосомі.

а) визначити, які діти будуть народжуватись від шлюбу чоловіка – дальтоніка з жінкою, що має нормальний зір, в сім'ї якої це захворювання не спостерігалось;

б) якими будуть діти сина з жінкою, яка є носієм дальтонізму?

в) дочки від цього шлюбу із здоровим чоловіком?

4. Обґрунтуйте: якою буде стать особини з хромосомним набором 2А, XXУ у дрозоді, горобця і людини? Чому?

5. У котів жовте забарвлення шерсті визначається домінантним геном (В), чорне – (в). Гетерозигота (Вв) має черепахове забарвлення шерсті. Ген (В) зчеплений зі статтю. Які кошенята народяться у пари котів, якщо кіт чорний, а кішка – черепахова? Чи може кіт мати черепахове забарвлення шерсті?

6. У дрозоді рецесивний ген вкороченого тіла (а) локалізований в Х-хромосомі, а ген (А) – домінантний ген нормальної довжини тіла локалізований у другій Х-хромосомі. Самка з нормальним тілом, гетерозиготна за геном вкороченого тіла, схрещена з самцем, що має вкорочене тіло. Визначити фенотипи самок і самців потомства від цього схрещування.

7. Дочка гемофіліка виходить заміж за сина іншого гемофіліка, наречений і наречена не хворіють на гемофілію. Визначте ймовірність народження хворої дитини.

8. Міоплегія (періодичні паралічі) передаються по спадковості як домінуюча ознака. Визначте ймовірність народження дітей із аномалією у сім'ї, де батько гетерозиготний, а мати не страждає моноплегією.

9. Одна з форм цистинурії (порушення обміну 4 амінокислот) успадковується як АР, але у гетерозигот спостерігається лише підвищений вміст цистину в сечі, у гомозигот – утворення цистинових каменів у нирках. Визначте можливі форми прояву цистинурії у дітей в сім'ї, де один із подружжя страждає на це захворювання, а інший мав лише підвищений вміст цистину в сечі.

Тестовий контроль знань із теми «УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ»

1. Зчепленими називають гени:

а) які вступають у взаємодію один з одним;

б) що знаходяться у одній хромосомі;

в) алельні.

2. Кількість груп зчеплених генів у кожного конкретного виду тварин дорівнює:

- а) диплоїдному набору хромосом;
- б) гаплоїдному набору хромосом;
- в) триплоїдному набору хромосом.

3. Групу зчеплення становлять гени які...

- а) вступають у взаємодію один з одним;
- б) знаходяться у одній хромосомі;
- в) знаходяться на гомологічних хромосомах.

4. Повне зчеплення – це:

- а) кожен ген займає певне місце на хромосомі;
- б) гени можуть мінятися місцями на хромосомі;
- в) гени не можуть мінятися місцями на хромосомі.

5. Неповне зчеплення – це:

- а) кожен ген займає певне місце на хромосомі;
- б) гени можуть мінятися місцями на хромосомі;
- в) гени не можуть мінятися місцями на хромосомі.

6. Укажіть характеристики зчепленого характеру успадкування ознак:

а) вільне комбінування ознак у потомстві від схрещування АаВвХаавв;

б) постійне сумісне успадкування генів АаВв у потомстві в тих же поєднаннях, що й у батьківських організмів;

в) сумісне успадкування генів, отриманих від одного з батьків, за умови часткового порушення їх зчеплення.

7. Ознаки, зчеплені зі статтю це:

а) ознаки, що контролюються генами, які містяться у Х-хромосомі;

б) ознаки, що контролюються генами, які містяться у статевих хромосомах;

в) ознаки, що контролюються генами, які містяться у У-хромосомі.

8. Статеві хромосоми це:

а) хромосоми, які різні за змістом генів і кон'югують лише частково;

б) хромосоми, які різні за формою і розмірами;

в) хромосоми, за якими чоловіча і жіноча стать різняться між собою, вони різні за формою, розмірами і змістом генів.

9. Кріс-крос успадкування це:

а) успадкування хрест-навхрест, коли рецесивна ознака від жіночої статі передається чоловічій, а домінантна – від чоловічої статі до жіночої;

б) успадкування хрест-навхрест, коли гомозиготна стать має рецесивну ознаку;

в) успадкування хрест-навхрест, коли ознака від батька передається дочці, а від матері – синові.

10. Тип ХУ — це такий тип визначення статі:

а) при якому стать визначається певним набором хромосом;

б) при якому стать визначається певним набором статевих хромосом;

в) при якому жіноча стать гомогаметна, а чоловіча гетерогаметна.

Висновки:

ЛІТЕРАТУРА

Основна література:

1. Барна І. Загальна біологія. Збірник задач. Тернопіль: «Підручники і посібники», 2006. 736 с.
2. Барна І. В., Барна М. М. Біологія. Задачі та розв'язки. Навчальний посібник у 2-х частинах. Тернопіль: Мандрівець, 2000. Ч.І. 224 с: Ч.ІІ. 160 с.
3. Боєчко Ф. Ф., Боєчко Л. О., Шмиголь І. В. Основи молекулярної біології (курс лекцій). Черкаси: ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. 255 с.
4. Кандиба Н. М. Генетика: курс лекцій: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2013. 397 с.
5. Коничев А. С., Севастьянова Г. А. Молекулярная биология: учеб. для студ. пед. вузов: 2-е изд., испр. Москва: Академия, 2005. 400 с.
6. Маркевич В. Е. Медична генетика: навч.-метод. посіб. Суми: СДУ, 2011. 388 с.
7. Мушкамбаров Н. Н., Кузнецов С. Л. Молекулярная биология: учебное пособие для студентов мед. вузов. Москва: ООО «Медицинское информационное агентство», 2007. 536 с.
8. Павліченко В. І., Пішак В. П., Булик Р. Є. Основи молекулярної біології: навч. посіб. Чернівці: Медуніверситет, 2012. 388 с.
9. Пішак В. П., Захарчук О. І. Медична біологія, паразитологія та генетика: практикум. 2-е вид., перероб. та доп. Чернівці, 2011. 648 с.
10. Помогайбо В. М., Петрушов А. В. Генетика людини: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. Київ: «Академія», 2014. 325 с.
11. Рошко В. Г., Ловас П. С., Мірутенко В. В. Медична біологія з основами генетики. Ужгород: 2014. 276 с.
12. Сиволоб А. В. Молекулярна біологія: підручник Київ: Видавничо-поліграфічний центр. Київський університет., 2008. 384 с.
13. Сиволоб А. В., Рушковський С. Р., Кир'яченко С. С. та ін. Генетика: підручник Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.

14. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: Сумський ДПУ ім. А. С. Макаренка, 2003. 92 с.
15. Тоцький В. М. Генетика. Одеса: Астропринт, 2008. 712 с.
16. Хмельничий Л. М., Супрун І. О., Салогуб А. М. Основи генетики. Суми: ПП Вінниченко М. Д., ФОП Дьоменко В. В. 2011. 344 с.

Додаткова література:

1. Альбертс Б. Брей Д., Льюис Дж., Робертс К., Уотсон Дж. и др. Молекулярная биология клетки. Москва: Мир, 1994.
2. Ашмарин И. П. Молекулярная биология. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1975. 368 с.
3. Боєчко Ф. Ф. Біологічна хімія. Київ: Вища школа, 1995. 536 с.
4. Боєчко Ф. Ф., Боєчко Л. О., Чепчуренко Н. В. Біологічна хімія, частина І. Черкаси: ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2011. 252 с.
5. Гвоздев В. А. Механизмы регуляции активности генов в процессе транскрипции. *Соросовский образовательный журнал*. 1996. №1. С.23-31.
6. Глик Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. Москва: Мир, 2002. 585 с.
7. Голда Д. М., Демидов С. В, Решетняк Т. А. Задачі з генетики. Київ: Фітосоціоцентр, 2004. 116 с.
8. Лазаренко Л. Н. Методичні вказівки до малого практикуму з курсу «Генетика з основами селекції» для студентів 2-го курсу стац. відділення біологічного фак-ту. Київ: Київ. Нац-ний ун-т ім. Т. Шевченка. Київ: Український фітосоціологічний центр, 2002. 32 с.
9. Лісовська Т. П., Войтюк В. П., Коцун Л. О., Кузьмішина І. І. Генетика: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів II курсу біологічного факультету напряму підготовки – 6.090103 – Лісове і садово-паркове господарство Луцьк: Друк ПП Іванюк В. П., 2014. 80 с.
10. Николайчук В. І., Надь Б. Б. Збірник задач з генетики. Ужгород, 2001. 177 с.

11. Ніколайчук В. І., Горбатенко І. Ю. Генетична інженерія: підручник для студентів біол. спеціальностей вищих закладів освіти. Ужгород, 1999. 188 с.
12. Овчинніков С. О. Збірник задач і вправ з загальної біології: навч. посіб. Київ: Генеза, 2002. 152 с.
13. Приходько А. Б., Емец Т. И., Павличенко В. И., Стеблюк М. В., Попович А. П., Малеева А. Ю. Біологія з основами генетики: навч.-метод. посіб. для студ. фарм. ф-т. спец.: «Фармація», «Технологія парфумерно-косметичних засобів». Запоріжжя: ЗДМУ, 2016. 145 с.
14. Рушковський С. Р. Методичні вказівки до розв'язування задач з курсу «Генетика з основами селекції» для студентів 2-го курсу стац. відділення біологічного фак-ту. Київ: Київ. Нац-ний ун-т ім. Т. Шевченка. Київ: Український фітосоціологічний центр, 2002. 24 с.
15. Тимчик О. В., Маруненко І. М., Неведомська Є. О., Мойсак О. Д. Основи генетики: навч.-метод. посіб. з питань проведення практичних і самостійних робіт для студ. небіол. спец. вищ. навч. закл. 13-те вид., перероб. і доп. Київ: Київськ. ун-т імені Бориса Грінченка, 2016. 44с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Методика розв'язування задач з молекулярної біології

Задачі з молекулярної біології можна поділити на два типи: перший тип потребує використання знань будови нуклеїнових кислот та їх функцій, другий – пов'язаний із біосинтезом білка і потребує знань механізму транскрипції, елонгації, трансляції. При цьому треба використовувати правила Е. Чаргаффа:

1. $A+G = T+C$;

2. $A = T$; $G = C$;

3. $A+C = G+T$;

4. $A+T / G+C$ (коефіцієнт специфічності, який є варіабельною одиницею).

$k = A+T / G+C$, у тварин $A+T > G+C$, у хребетних $k = 1,5$, у рослин $A+T < G+C$. У людини $k = 1$.

При виконанні розрахунків треба пам'ятати такі кількісні дані, які використовуються при розв'язанні задач:

– Mr (середня) нуклеотиду = 300 або 345 (за різними даними);

– Mr (середня) амінокислоти = 100;

– ΔL між двома сусідніми нуклеотидами = 0,34 нм;

– 1 нанометр = 10^{-9} м, $D R$ між АК = 0,35 нм (АК – амінокислоти);

– L гена = ΔL нукл. $\cdot (N$ нукл. $- 1)$, де N – загальна кількість нуклеотидів;

– час однієї операції трансляції = 1/5 або 1/6 сек;

– швидкість елонгації (ріст ланцюгу і-РНК) 50 нуклеотидів за секунду;

– довжина ДНК однієї клітини майже 1м;

– діаметр подвійної спіралі становить близько 20 нм.

При розв'язанні задач першого типу треба пам'ятати властивості генетичного коду:

– універсальність;

– триплетність (одну амінокислоту кодує три певних нуклеотиди);

– виродженість (одну амінокислоту можуть кодувати декілька триплетів);

- колінеарність (один генетичний кодон може шифрувати тільки одну амінокислоту);
- перекривання коду – нуклеотид одного триплета не може входити до складу сусіднього триплета;
- термінальні кодони не шифрують ніяку амінокислоту, їх функція – регулююча.

Молекули білків мають у складі один або кілька атомів металів (Fe, Zn, Cu та ін.). Молекулярну масу низькомолекулярних білків можна вираховувати за даними амінокислотного складу. В даному випадку вибирають ту амінокислоту, вміст якої у білку мінімальний.

За даними елементарного та амінокислотного складу спочатку обчислюють мінімальну молекулярну масу за формулою

$$M=a/b \times 100$$

Де М – мінімальна молекулярна маса білка, а – атомна або молекулярна маса компонентів, b – процентний склад компонента. Знаючи число атомів металу або амінокислотних залишків у молекулі, можна розраховувати дійсну молекулярну масу даного білка, помноживши мінімальну молекулярну масу на число компонентів.

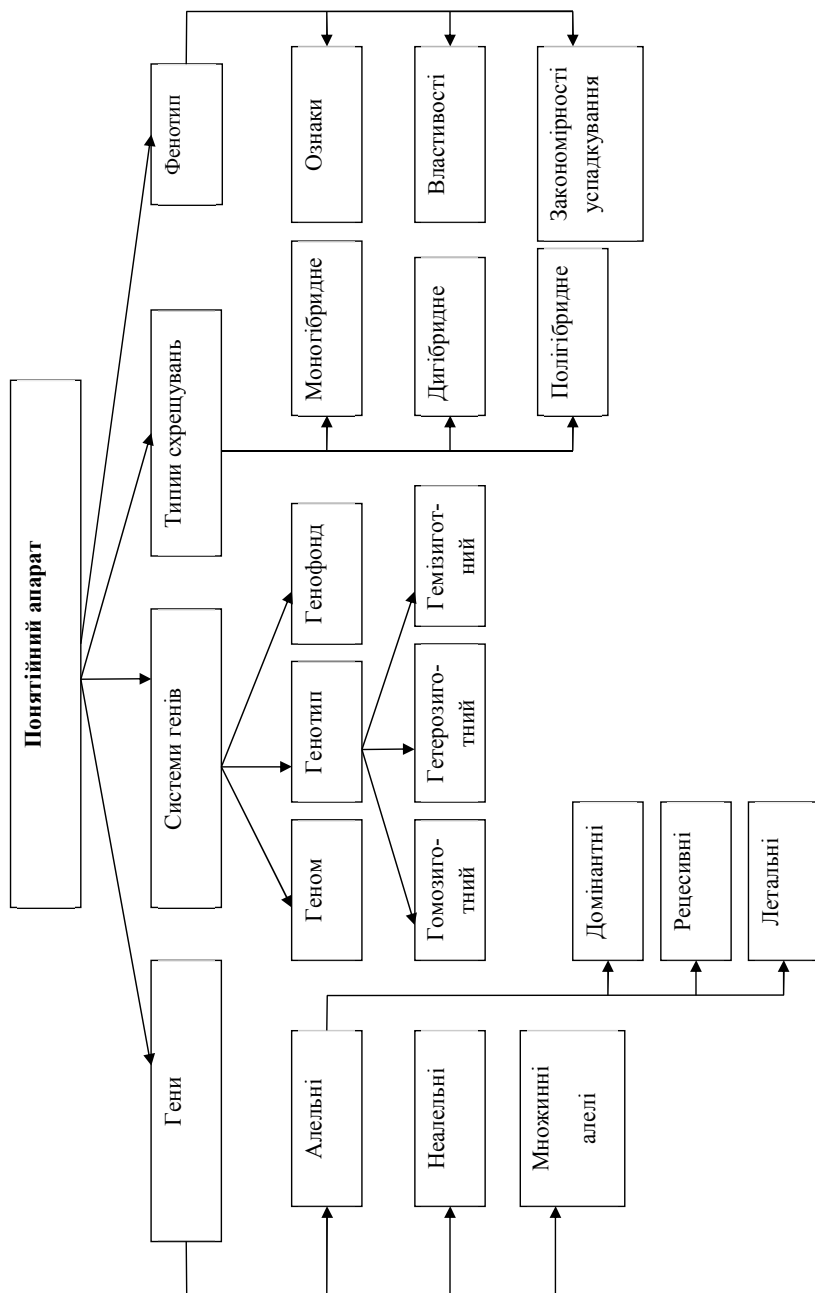
При розв’язуванні задач другого типу треба пам’ятати, що:

1. Екзони – активні ділянки гена, інтрони – пасивні ділянки.
2. Транскрипція (переписування інформації з гена на і-РНК) завжди йде тільки на одному (матричному) ланцюзі ДНК в напрямку від 5' до 3' через пентози розміщених нуклеотидів.
3. Редуплікація (або реплікація) ДНК завжди йде в напрямку від 3' до 5' положення цукру в дезоксирибозі.

ТЕМАТИКА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ:

1. Нематричний синтез нуклеїнових кислот.
2. Синтез *in vitro* біологічно активних ДНК.
3. Інгібітори матричного синтезу нуклеїнових кислот.
4. Гени і геноми. Горизонтальний перенос генетичної інформації.
5. Деградація нуклеїнових кислот. Нуклеази. Рестриктази.
6. Кодування амінокислот. Цитрон. Ген.
7. Основні шляхи й етапи процесу генетичної інформації.
8. Генетичні нуклеїнові кислоти в філогенезі.
9. Мутаційні зміни нуклеїнових кислот.
10. Порушення незалежного спадкування ознак. Зчеплення і кросинговер. Хромосомна теорія спадковості.
11. Молекулярні механізми переносу й обміну речовин спадковості.
12. Штучні методи переносу й обміну речовин спадковості.
13. Генетична інженерія.
14. ДНК хроматину.
15. Транскрипція хромосом. Оперон. Транскриптон.
16. Регуляція синтезу білка у вірусів.
17. Регуляція синтезу білка у бактерій.
18. Регуляція синтезу білка у багатоклітинних організмів.
19. Реплікація теломерних відділів ДНК.
20. Теломераза й онтогенез.
21. Репарація пошкоджень ДНК.
22. Цитоплазма: утворення білків – трансляція, фолдінг, модифікація.
23. Біомембрани: структура й участь у міжклітинних взаємодіях.
24. Передача зовнішнього сигналу в клітину.
25. Внутрішньоклітинні медіатори передачі зовнішнього сигналу в клітину.
26. Апоптоз.
27. Онкогенез. Генетична природа онкогенезу.
28. Характеристика вірусного онтогенезу: папові – віруси, ретровіруси.

29. Модифікування генетичних ефектів радіації.
30. Мутації у процесі репарації.
31. Молекулярні основи будови гену.
32. Генетична рекомбінація у явищах трансдукції.
33. Адгезивна функція мембран.
34. Експресія генів і транскрипційні фактори.
35. Неструктуровані білки.



This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Людмила Іванівна Довгопола

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ І ГЕНЕТИКИ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

**для здобувачів вищої освіти напрямку підготовки
014.07 Середня освіта (Географія). Спеціалізація (Біологія)**

Підписано до друку 18.09.2019 р. Формат 60х84 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Наклад 100.
Зам. №146 Ум. друк. арк. 2.2.
Виготівник: ФОП Домбровська Я. М.,
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців ДК № 6366 від 22.08.2018 р.
08055, Київська обл., Макарівський р-он, с. Вільне,
вул. Чапаєва, 16а, e-mail: devis519@ukr.net