

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ, БІОХІМІЇ ТА ГЕНЕТИКИ

ГЕНЕТИКА ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до семінарських занять і самостійної роботи
з курсу «Генетика індивідуального розвитку»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за спеціальностями 091 «Біологія та біохімія»,
162 «Біотехнології та біоінженерія»,
014.05 «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)»,
206 «Садово-паркове господарство»

ОДЕСА
ОНУ
2024

**УДК 575.16(072)
Г34**

Укладач:

Т. Г. Алексеєва, кандидат біологічних наук, доцент кафедри молекулярної біології, біохімії та генетики Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Рецензенти:

Т. В. Гладкій, кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології, здоров'я та безпеки людини та природничої освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

Д. Б. Радіонов, кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології, гідробіології і загальної екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

*Рекомендовано вченою радою
біологічного факультету ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 1 від 28.08.2023 р.*

Г34 **Генетика** індивідуального розвитку [Електронний ресурс] : електрон. метод. рек. до семінар. занять і самот. роб. з курсу «Генетика індивідуального розвитку» для здобув. першого (бакалавр.) рівня вищ. освіти за спец. 091 «Біологія та біохімія», 162 «Біотехнології та біоінженерія», 014.05 «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)», 206 «Садово-паркове господарство» / уклад.: Т. Г. Алексеєва. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2024. – 37 с. – 0,9 МБ.

Методичні вказівки включають окремі теоретичні відомості та практичні інструкції (протокол виконання) для підготовки до семінарських занять і самотійної роботи з курсу «Генетика індивідуального розвитку». Методичні рекомендації призначені для здобувачів першого рівня вищої освіти за спеціальностями 091 «Біологія та біохімія», 162 «Біотехнології та біоінженерія», 014.05 «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)», 206 «Садово-паркове господарство».

УДК 575.16(072)

Зміст

ВСТУП.....	4
Рекомендації до виконання самостійної роботи	5
Семінарське заняття 1. Загальна характеристика онтогенезу. Основні типи онтогенезу	8
Питання та тестові завдання для самоконтролю.....	10
Семінарське заняття 2. Генетичні механізми реалізації програм онтогенезу.....	14
Питання та тестові завдання для самоконтролю.....	16
Семінарське заняття 3. Генетична регуляція розвитку	20
Питання та тестові завдання для самоконтролю.....	22
Семінарське заняття 4. Генетика індивідуального розвитку рослин	26
Питання та тестові завдання для самоконтролю.....	28
Питання для періодичного контролю.....	33
Список рекомендованої літератури та інформаційні ресурси.....	35
Відповіді на тестові завдання для самоконтролю.....	36

Вступ

Метою вивчення вибіркової дисципліни «Генетика індивідуального розвитку» є формування у здобувачів поглиблених знань онтогенетичних аспектів розвитку багатоклітинних організмів. З огляду на ключову роль розуміння процесів реалізації та змін генетичної інформації в живих організмах для розвитку безлічі галузей фундаментальної біології та практичних сфер застосування, таких як медицина, сільське господарство та біотехнології, курс надає можливість сформуванню уявлення про зв'язок генетичної інформації з розвитком окремих органів та систем, про механізми взаємодії генетичної інформації з навколишнім середовищем та наслідки цієї взаємодії. Здобувачі здобувають та актуалізують знання про основні принципи генетики, включаючи передачу генетичної інформації, молекулярні механізми успадкування та епігенетичні фактори, що впливають на розвиток організмів. Навчальна дисципліна тісно пов'язана з іншими біологічними дисциплінами і сприятиме створенню у бакалаврів цілісної картини функціонування механізмів реалізації та налаштування генетичної інформації у формуванні фенотипового прояву особливостей багатоклітинних організмів. Семінарські заняття та самостійна робота здобувачів буде сприяти закріпленню знань про онтогенетичні аспекти розвитку організмів тваринного, так і рослинного походження.

На біологічному факультеті Одеського національного університету імені І. І. Мечникова дисципліна «Генетика індивідуального розвитку» входить до каталогу вибірових дисциплін здобувачів першого (бакалаврського) рівня навчання. Методичні вказівки призначені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня навчання (денна та заочна форма) спеціальностей 091 «Біологія та біохімія», 014.05 «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)», 162 «Біотехнології та біоінженерія» та 206 «Садово-паркове господарство».

Електронне навчальне видання містить інформацію для підготовки до семінарських занять, перелік орієнтовних тем доповідей та вимоги до їх змісту і оформлення, а також питання для періодичного контролю.

Рекомендації до виконання самостійної роботи

Самостійна робота здобувачів є невід'ємною частиною навчального процесу, особливо при опануванні такого курсу як "Генетика індивідуального розвитку", оскільки ця дисципліна вимагає формування ґрунтовних знань і розуміння складних концепцій, сприяючи розвитку критичного мислення та вмінню аналізувати та синтезувати наукову інформацію. Важливою передумовою успіху у засвоєнні складної дисципліни є усвідомлення того, що самостійна робота – це не просто обов'язкова формальність, але невід'ємна частина процесу закріплення знань, що стане у нагоді при набутті практичних навичок та вмінь, корисних в подальшій професійній діяльності.

Напрямок і зміст самостійної роботи здобувача визначають робоча програма навчальної дисципліни, а також навчально-методичні матеріали, заплановані завдання та рекомендації, які надає викладач. Самостійна робота при підготовці до семінарських занять передбачає вивчення кожним здобувачем відповідних розділів навчальної програми, наданих викладачем матеріалів, ознайомлення з додатковою рекомендованою літературою та врахування порад та вказівок викладача. Важливими складовими самостійної роботи є самостійний пошук інформації під час підготовки до семінарських занять та підготовка до складання підсумкового контролю.

При проведенні семінарських занять за курсом «Генетика індивідуального розвитку» передбачено два види робіт, у підготовці до яких і при виконанні яких здобувач працює самостійно.

Завдання 1. Складання понятійного словника сприяє систематизації та організації знань здобувачів, допомагає встановити зв'язки між ключовими концепціями, виявити їх суттєві риси та встановити логічну структуру матеріалу. Складання двомовного словника, який містить переклади термінів англійською мовою, дозволить студентам уникати плутанини і неточного розуміння термінології при вивченні генетики індивідуального розвитку, що є

важливим з огляду на значно переважаючу кількість саме англомовних джерел, сприяє розумінню різних перспектив та підходів у біологічних науках, продиктованих особливостями наукової культури різних країн. Так, деякі терміни, прийняті у вітчизняній науковій традиції, не мають повних аналогів у англомовній; у наведених таблицях найближчий за сенсом переклад для таких термінів на англійську мову взятий у дужки.

Завдання 2. Згідно з зазначеними темами семінарських занять здобувач має підготувати доповідь/і із презентацією у форматі Power Point та представити їх на заняттях.

Орієнтовний план та обсяг презентації:

1. Назва презентації, П. І. Б. здобувача – 1 слайд;
2. Актуальність теми – 1 слайд;
3. Історична довідка (за потреби) – 1-2 слайди;
4. Сутність наукової проблеми – 1-3 слайди
5. Опис експериментів та їх пояснення – 2-5 слайдів;
6. Висновок – 1-2 слайди;
7. Невирішені питання і перспективи – 1-2 слайди.

Принциповою вимогою до здобувача є вміння стисло і коротко викласти ключову інформацію, отриману з достовірних наукових першоджерел, таких як наукова періодика, монографії або підручники, уникаючи джерел сумнівної якості. Доповідь повинна мати наукову базу, підтверджену посиланнями на відповідні першоджерела. Інформацію необхідно подавати чітко і логічно, уникаючи зайвих деталей, висновки формулювати таким чином, щоб врахувати усі можливі варіанти інтерпретації результатів. При оформленні доповіді не варто зловживати надмірністю засобів візуалізації. Додаткові критерії оцінки доповіді з презентацією наведено нижче, у табл. 1.

**Критерії оцінки доповідей студентів ¹ (обов'язкове завдання, тему студент
обирає із наданого переліку, або пропонує самостійно)**

Критерій 100 %	Вищий стандарт	Відповідає стандартам	Наближення до стандартів	Нижче стандартів
Розуміння теми 35 %	Студент/ка може точно відповісти майже на всі запитання одногрупників щодо даної теми 5,23	Студент/ка може точно відповісти на більшість запитань одногрупників щодо даної теми 3,46	Студент/ка може точно відповісти на декілька запитань одногрупників щодо даної теми 1,73	Студент/ка не може точно відповісти на запитання одногрупників щодо даної теми 0
Підготовленість до доповіді 25 %	Студент/ка повністю підготовлений/на і, очевидно, репетирував/ла напередодні 3,75	Студент/ка здається досить підготовленим/ою, але, можливо, необхідно було ще декілька репетицій 2,48	Студент/ка дещо підготовлений/а, але очевидно, що репетиції бракувало 1,24	Студент/ка, здається, зовсім не готовий/а до презентації 0
Якість оформлення презентації 20 %	Студент/ка використовує грамотні засоби візуалізації, які демонструють значну роботу/креативність та впливають на покращення презентації 3	Студент/ка використовує засоби візуалізації, які добре ілюструють презентацію 1,98	Студент/ка використовує засоби візуалізації даних, які не сприяють розумінню презентації. 0,99	Студент/ка використовує невдалі засоби візуалізації, які погіршують презентацію або вводять слухачів в оману 0
Дотримання часу 5 %	Презентація триває 8-10 хвилин 0,75	Презентація триває 7 хвилин 0,49	Презентація триває 5 хвилин 0,25	Презентація триває менше 5 хвилин АБО більше 10 хвилин 0
Лексика та термінологія 5 %	Використовує вірні терміни та поняття, в змозі дати їм визначення, дотримується академічного стилю викладення матеріалу 0,75	Використовує вірні терміни та поняття, може їх пояснити, але стиль мовлення не академічний 0,49	Використовує вірні терміни і поняття, проте не в змозі їх пояснити 0,25	Демонструє нерозуміння використаної термінології. 0
Слухання інших презентацій 10 %	Уважно слухає. Не робить відволікаючих звуків або рухів. У змозі сформулювати питання до доповіді і прийняти участь у обговоренні доповіді 1,5	Уважно слухає, але зробив/ла один відволікаючий шум або рух. У змозі прийняти участь у обговоренні теми доповіді 0,99	Іноді, здається, що не слухає, але і не відволікає. У змозі прийняти участь у обговоренні теми доповіді 0,49	Іноді, здається, що не слухає і створює відволікаючі звуки або рухи. Не може сформулювати питання і прийняти участь у обговоренні 0

¹ Вимоги до оформлення доповідей у вигляді таблиці критеріїв оцінювання створені з використанням тренажеру "Створення таблиці критеріїв", наданого у рамках курсу платформи Prometheus «Академічна доброзесність: онлайн-курс для викладачів», модуль 5 «Дизайн системи оцінювання для підвищення академічної доброзесності», <https://bit.ly/3oFOsTO>

СЕМІНАРСЬКЕ ЗАНЯТТЯ 1

Тема: Загальна характеристика онтогенезу. Основні типи онтогенезу

Мета роботи: ознайомитися з предметом, метою і завданнями генетики індивідуального розвитку як наукової дисципліни, сформулювати поняття о генетичних програмах онтогенезу.

Матеріал та обладнання: мультимедійний комплекс, презентації та тексти лекцій, наявні у Classroom.

Питання для підготовки та обговорення

1. Мета і завдання генетики індивідуального розвитку.
2. Зв'язки генетики індивідуального розвитку з іншими біологічними науками.
3. Чи є різниця між поняттями «генетика індивідуального розвитку», «онтогенетика», «evolutionary developmental biology – evo-devo»?
4. Загальна характеристика поняттю «онтогенез».
5. Онтогенез прокариот та одноклітинних еукаріот.
6. Зазначіть особливості онтогенезу тварин.
7. Зазначіть особливості онтогенезу вищих рослин.
8. Поняття морфогенезу як основного процесу індивідуального розвитку.
9. Охарактеризуйте програми морфогенезу.
10. Реалізація програм онтогенезу: «гени-хазяї» та «гени-раби».
11. Онтогенез особини як реалізація генетичних програм і впливу факторів середовища.
12. Дайте характеристику модельним об'єктам генетики індивідуального розвитку.
13. Назвіть основні, на вашу думку, відкриття у генетиці індивідуального розвитку та їх авторів.

Самостійна робота

У першому завданні здобувачам запропоновано дати детальне визначення перелічених у таблиці понять і термінів. Створення словника понять передбачає

роботу здобувачів з текстами і презентаціями лекцій, наявних у Classroom курсу, а також з додатковими джерелами, рекомендованими викладачем.

Завдання 1.1. Скласти **Понятійний словник** за темою «**Загальна характеристика онтогенезу. Основні типи онтогенезу**» у вигляді таблиці термінів (табл. 1)

№	Термін	Переклад (англ.)	Значення терміну
1	диференціювання	differentiation	
2	дроблення	cleavage	
3	епігенетика	epigenetics	
4	експресія генів	gene expression	
5	генетична програма	genetic program	
6	гени розкоші	luxury genes	
7	гени домашнього господарства	housekeeping genes	
8	гени-хазяї	master genes	
9	гени-раби	slave genes	
10	клон	clone	
11	критичні періоди онтогенезу	critical period of development	
12	кодуючі продукти ядра	(mRNA)	
13	некодуючі продукти ядра	non-coding RNA	
14	модельний об'єкт	model organism	
15	мобільні генетичні елементи	mobile genetic elements	
16	морфогенез	morphogenesis	
17	морфогени	morphogens	
18	онтогенез	ontogeny	
19	онтогенетика	(evolutionary developmental biology)	
20	стовбурові клітини	stem cell	

Завдання 1.2. Підготувати доповідь з презентацією (можна обрати із наведених нижче тем, або запропонувати власну тему (у рамках загальної теми заняття).

Орієнтовні теми для доповідей здобувачів

1. Видатні постаті у генетиці індивідуального розвитку.
2. Надія Добровольська-Завадська та її відкриття.
3. Основні відкриття генетики індивідуального розвитку, зроблені на мишах.
4. Основні відкриття генетики індивідуального розвитку, зроблені на ґрунтовій нематоді.
5. Основні відкриття генетики індивідуального розвитку, зроблені на дрозофілі.
6. Методи молекулярної філогенетики у дослідженнях, пов'язаних з генетикою індивідуального розвитку.
7. Зміна плоідності клітин в онтогенезі та її значення.
8. Поняття індивідуального розвитку та життєвого циклу.
9. Морфогенез – ключове поняття індивідуального розвитку.

Питання і тестові завдання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте біологічне поняття онтогенезу.
2. У чому полягає різниця між онтогенезом і життєвим циклом?
3. Назвіть і охарактеризуйте параметри онтогенезу.
4. Генетичний контроль онтогенезу прокаріот.
5. Генетичний контроль онтогенезу еукаріот.
6. Особливості онтогенезу вищих рослин.
7. Які механізми регуляції експресії генів вам відомі?
8. Назвіть вимоги до модельного об'єкта генетики індивідуального розвитку.
9. Назвіть найбільш придатні до онтогенетичних досліджень лабораторні об'єкти.
10. Онтогенез особини як реалізація генетичних програм і впливу факторів середовища.
11. Основні типи програм морфогенезу.

1. Вкажіть невірне твердження про індивідуальний розвиток організму:

- a) Індивідуальний розвиток організму називається онтогенезом.
- b) Онтогенез є результатом реалізації генетичної програми під впливом факторів середовища.
- c) Онтогенез є складною послідовністю контрольованих генами змін, яка не залежить від факторів навколишнього середовища.
- d) Основним рушієм онтогенезу є морфогенез.

2. Як можна трактувати такий параметр онтогенезу як незворотність?

- a) Неможливість повернення до попередніх стадій онтогенезу.
- b) Організм складається з дискретних частин та проходить дискретні етапи розвитку, що різняться між собою.
- c) Гомеостаз розвитку як виконання програми онтогенезу з мінімальною кількістю помилок.
- d) Організм розвивається як цілісна система.

3. Оберіть вірну послідовність подій під час життєвого циклу вищих рослин:

- a) Преємбріональний етап – ембріональний етап – постембріональний етап – дорослий стан
- b) Преємбріональний – запилення і запліднення – ембріональний – стадія проростка – ювенільна стадія – іматурна стадія – віргінільна стадія – генеративна стадія – сенільна стадія
- c) Преємбріональний – запилення і запліднення – ембріональний – стадія проростка – ювенільна стадія – іматурна стадія – сенільна стадія – генеративна стадія – віргінільна стадія
- d) Преємбріональний – запилення і запліднення – ембріональний – стадія проростка – ювенільна стадія – генеративна стадія – сенільна стадія – іматурна стадія – віргінільна стадія

4. Онтогенез прокариот, на відміну від онтогенезу еукаріот, можна розглядати як:

- a) Клітинний цикл
- b) Мітотичний цикл
- c) Незворотній процес, що закінчується загибеллю організму
- d) Свідчення того, що клітини прокариот є потенційно безсмертними

5. Оберіть невірне твердження стосовно так званих «генів розкоші» :

- a) Забезпечують синтез специфічних білків, що необхідні для формотворчих процесів
- b) Їх активність пов'язана з диференціюванням неспеціалізованих клітин
- c) Експресія цих генів забезпечує виконання спеціалізованих функцій певними типами клітин
- d) Експресія цих генів здійснюється постійно, у кожній клітині організму

6. Оберіть пункт, в якому зазначені гени, що не відносяться до генів домашнього господарства:

- a) Гени рРНК (наприклад, 16S, 23S, 5S, 4.5S)
- b) Гени рибосомальних білків
- c) Гени білків тубулінів (наприклад, α - та β -ланцюгів)
- d) Гени імуноглобулінів

7. Що є основним чинником детермінації і диференціювання клітин у багатоклітинних організмів?

- a) Посттрансляційні модифікації білків
- b) Епігенетичні модифікації ДНК
- c) Кількісні зміни ДНК
- d) Якісні зміни ДНК

8. Окрема генетична програма морфогенезу проявлюється як:

- a) Повне завершення онтогенезу
- b) Надходження морфогенів до компетентних тканин або органів
- c) Синтез морфогенів – речовин, які здатні впливати на проходження морфогенезу
- d) Повна послідовність подій від вихідного стану – до завершення процесу формування органу або ознаки

9. Хто з відомих математиків зробив визначний вклад у створення математичної моделі морфогенезу?

- a) Річард Беллман
- b) Девід Гільберт
- c) Алан Тьюрінг
- d) Гертруда Бланш

10. Серед перелічених властивостей модельних об'єктів оберіть неправильне твердження:

- a) Повільна зміна поколінь
- b) Секвенований геном
- c) Легкість утримання у лабораторних умовах
- d) Велика кількість нащадків

Рекомендована література

1. Peter I. S., Davidson E. H. Genomic Control Process: Development and Evolution. Oxford: Academic Press, Elsevier, 2015. 460 p.
2. Gilbert S. F. Developmental Biology. 9th ed. Sunderland : Sinauer Associates Inc., 2010. 796 p.
3. Gilbert S. F. The Morphogenesis of Evolutionary Developmental Biology. *International Journal of Developmental Biology*. 2003. 47, 7-8. P. 467-477.
<https://works.swarthmore.edu/fac-biology/188>

СЕМІНАРСЬКЕ ЗАНЯТТЯ 2

Тема: Генетичні механізми реалізації програм онтогенезу

Мета роботи: ознайомитися з основними онтогенетичними процесами – генетичною детермінацією та диференціюванням клітин, а також з механізмами регуляції експресії генів під час індивідуального розвитку багатоклітинних організмів.

Матеріал та обладнання: мультимедійний комплекс, презентації та тексти лекцій, наявні у Classroom.

Питання для підготовки та обговорення

1. Ієрархія регуляції генної експресії в еукаріотичній клітині.
2. Генний рівень: хімічна модифікація ДНК (епігенетична регуляція).
3. Генний рівень: програмовані кількісні зміни ДНК (ампліфікація ДНК, дімінація хроматину, зміна активності цілих хромосом).
4. Нерівний батьківський внесок та імпринтинг, дозова компенсація.
5. Регуляція та зміни послідовностей ДНК за участі мобільних генетичних елементів.
6. Регуляція експресії генів на рівні транскрипції.
7. Регуляція експресії генів на рівні процесингу РНК, альтернативний сплайсинг.
8. Транспорт РНК із ядра як метод регуляції генної експресії.
9. Трансляційна і посттрансляційна регуляція експресії генів.
10. Поняття цитоплазматичної сегрегації і ембріональної індукції.
11. Материнські іРНК та дроблення (материнсько-зиготичний перехід).
12. Взаємодія клітин у морфогенетичних процесах.
13. Дозвільний та інструктивний тип взаємодії.
14. Механізми взаємодії клітин.
15. Диференціювання клітин

Самостійна робота

Завдання 2.1. Скласти **Понятійний словник** за темою «Загальна характеристика онтогенезу. Основні типи онтогенезу» у вигляді таблиці термінів (табл. 2)

№	Термін	Переклад (англ.)	Значення терміну
1	агрегація	cell aggregation	
2	адгезія	cell adhesion	
3	апоптоз	apoptosis	
4	генетична детермінація	cell fate determination	
5	геномний імпринтинг	genomic imprinting	
6	ембріональна індукція	regional differentiation	
7	інформосоми	(nucleoproteins)	
8	клітинні контакти	cell junctions	
9	клітинна міграція	cell migration	
10	клітинний цикл	cell cycle	
11	компетенція	cell competence	
12	клітинна конкуренція	cell competition	
13	материнсько-зиготичний перехід	maternal-zygotic transition	
14	молекули клітинної адгезії	cell adhesion molecules	
15	проліферація	proliferation	
16	теломери	telomeres	
17	фактори росту	growth factors	
18	цикліни	cyclins	
19	цитоплазматичні детермінанти	cytoplasmic determinants	
20	цитоплазматична сегрегація	cytoplasmic segregation	

Завдання 2.2. Підготувати доповідь з презентацією (можна обрати із наведених нижче тем або запропонувати власну тему (у рамках загальної теми заняття).

Орієнтовні теми для доповідей здобувачів

1. Нобелівські премії, отримані за дослідження, пов'язані з дослідженням індивідуального розвитку та його генетичного підґрунтя (1935, 1995, 2002, 2009, 2010, 2012 та на вибір студента).
2. Явище самоорганізації у біологічних системах.
3. Реакційно-дифузійний механізм Алана Тьюрінга (хімічна теорія морфогенезу).
4. Епігенетичний контроль індивідуального розвитку.
5. Міграція клітин під час індивідуального розвитку.
6. Клітинний цикл та його контроль.
7. «Межа» Хейфліка та її молекулярне пояснення.
8. «Коктейль» Яманакі: репрограмування диференційованих клітин.

Питання і тестові завдання для самоконтролю

1. Перелічіть процеси регуляції активності генів у ядрі клітини (генний рівень).
2. Як відбувається цитоплазматична регуляція реалізації генетичної інформації (трансляційний та пост-трансляційний рівні)?
3. Назвіть механізми, завдяки яким може здійснюватися епігенетичне програмування клітини.
4. Перелічіть властивості, характерні для ембріональних стовбурових клітин.
5. Що таке цитотип і гістотип?
6. Індукція і компетенція в диференціюванні.
7. Взаємодія між клітинними поверхнями сусідніх клітин.
8. Охарактеризуйте способи і механізми клітинної міграції.
9. Назвіть та охарактеризуйте типи ближніх тканинних взаємодій.
10. Програмована загибель клітин.
11. Сенесцентні клітини та їх роль у процесах ембріонального розвитку.

1. Оберіть властивість реалізації генетичної інформації, яка притаманна прокаріотам:

- a) Спряженість транскрипції і трансляції.
- b) Після закінчення транскрипції щойно синтезована РНК піддається процесингу.
- c) Альтернативний сплайсинг є поширеним явищем при реалізації генетичної інформації.
- d) Етапи реалізації генетичної інформації просторово відокремлені.

2. Оберіть механізм, який не має відношення до епігенетичних модифікацій ДНК еукаріот:

- a) Метилування ДНК, наприклад, у цитозинових залишках послідовності динуклеотиду CpG.
- b) Посттрансляційні модифікації гістонів, наприклад, ацетилювання лізинів у гістонових хвостах.
- c) Альтернативний сплайсинг транскриптів.
- d) Сайленсинг мобільних генетичних елементів за допомогою РНК-інтерференції.

3. Незворотна втрата частини генетичного матеріалу в соматичних клітинах деяких організмів має назву:

- a) Ампліфікація .
- b) Дімінуція.
- c) Делеція.
- d) Алотранслокація.

4. До якого рівня регуляції генетичної експресії належить сплайсинг:

- a) Генний рівень (регуляція на рівні ДНК).
- b) Транскрипційний рівень.
- c) Трансляційний рівень.
- d) Посттрансляційний рівень.

5. Оберіть вірне пояснення терміну «експресивність»:

- a) Відношення числа особин, у яких є прояв ознаки інтересу до загального числа особин з цим генотипом серед досліджуваної популяції.
- b) Зміна органу/ів, яка не перешкоджає нормальному функціонуванню організму і не успадковується.
- c) Зміна органу/ів, що призводить до часткової або повної втрати органом його функцій і не успадковується.
- d) Ступінь прояву аналізованої ознаки у організмів з однаковим генотипом у певних умовах навколишнього середовища.

6. Дайте визначення поняттю «генетична детермінація»:

- a) Придбання клітинами здатності до виконання специфічних функцій, пов'язаних зі спеціалізацією цих клітин.
- b) Це функціональний стан клітини, що приводить до вибору нею певного шляху подальшого розвитку.
- c) Процес придушення експресії гена на стадії транскрипції, трансляції, деаденілювання або деградації мРНК за допомогою малих молекул РНК.
- d) Поява нормального фенотипу в оптимальних умовах середовища під контролем нормального «дикого» генотипу.

7. Дайте визначення поняттю «материнсько-зиготичний перехід»?

- a) Взаємодія клітин або тканин, що визначає (індукує) подальшу долю одного або обох учасників цієї взаємодії.
- b) Такий розподіл детермінуючих молекул-морфогенів у період дроблення, внаслідок чого якісно різні області цитоплазми зиготи потрапляють у різні дочірні клітини.
- c) Процес заміни зародком материнських мРНК (інформосом) на власні.
- d) Диференціальна експресія генів, яка визначається походженням генів – від кого з батьків ці гени успадковані.

8. Оберіть усі клітинні процеси та взаємодії, що можуть мати місце у ембріогенезі:

- a) Проліферація.
- b) Адгезія.
- c) Міграція.
- d) Вибіркова загибель.

9. Що з зазначеного не відноситься до способів клітинної міграції під час ембріонального розвитку тварин?

- a) Контактне орієнтування.
- b) Хемотаксис.
- c) Фототаксис.
- d) Гальванотаксис.

10. Оберіть родину молекул, що не відносяться до молекул клітинної адгезії:

- a) Кадгерини.
- b) Інтегрини.
- c) Глікозилтрансферази.
- d) Аденозінтрифосфатази.

Рекомендована література

1. Альбертс Б., Джонсон А., Левіс Д., Реф М., Робертс К., Уолтер П. Молекулярна біологія клітини. Переклад з англійської. Львів : Наутілус», 2018. 1536 с.
2. Peter I. S., Davidson E. H. Genomic Control Process: Development and Evolution. Oxford: Academic Press, Elsevier, 2015. 460 p.
3. Tworzydło W., Bilinski S. (Eds.) Evo-Devo: Non-model Species in Cell and Developmental Biology. Springer, 2019. 550 p.

4. Gilbert D. M., Takebayashi S. I., Ryba T., Lu J., Pope B. D., Wilson K. A., Hiratani I. Space and time in the nucleus: developmental control of replication timing and chromosome architecture. *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology*, 2010. 75, 143–153. <https://doi.org/10.1101/sqb.2010.75.011>
5. van Neerven S.M., Vermeulen L. Cell competition in development, homeostasis and cancer. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2023. 24, 221–236 <https://doi.org/10.1038/s41580-022-00538-y>

СЕМІНАРСЬКЕ ЗАНЯТТЯ 3

Тема: Генетична регуляція розвитку

Мета роботи: ознайомитися з теорією каскадно-просторової регуляції розвитку на прикладі *Drosophila melanogaster*.

Матеріал та обладнання: мультимедійний комплекс, презентації та тексти лекцій, наявні у Classroom.

Питання для підготовки та обговорення

1. Поняття про морфогени та їх типи.
2. Просторово-часові патерни організації у ембріогенезі дрозофіли.
3. Морфогенез і сегментація личинки *Drosophila melanogaster*.
4. Формування градієнтів та просторової розмітки ембріона.
5. I етап (гени материнського ефекту) – передньо-задня та дорзально-вентральна осі зародку.
6. II етап (гени сегментації – *gap*-гени, гени *pair-rule*, гени групи *segment-polarity*).
7. III етап – гомеозисні гени дрозофіли (Antennapedia-Complex (ANT-C) й Bithorax-Complex (BX-C)).
8. Гомеозисні гени: загальна характеристика.
9. Гомеобоксні гени – *Нох*-кластер, *ParaНох* и *Отх*-гени.
10. Фактори транскрипції: роль у процесах індивідуального розвитку.

11. Родини факторів транскрипції – *Fox*-гени, *Rax*-гени, *Hox*-гени, Т-боксні гени, гени «цинкових пальців» та інші.

Самостійна робота

Завдання 3.1. Скласти **Понятійний словник** за темою «Генетична регуляція розвитку» у вигляді таблиці термінів (табл. 3)

Таблиця 3

№	Термін	Переклад (англ.)	Значення терміну
1	активатор транскрипції	transcriptional activator	
2	домен ДНК-зв'язування	DNA-binding domain, DBD	
3	домен трансактивації	transactivation domain, TAD	
4	домен, чутливий до сигналу	signal-sensing domain, SSD	
5	ділянка зв'язування	response elements	
6	енхансер	enhancer	
7	інсулятор	insulator	
8	коактиватор	coactivator, mediator complex	
9	корепресор	corepressor	
10	консервативні некодуючі послідовності	conserved non-coding sequence, CNS	
11	мозаїчний тип розвитку	determinant development	
12	модель «французького флага»	French flag model	
13	оператор	operator	
14	промотор	promoter	
15	регуляційний тип розвитку	regulative development	
16	сайленсер	silencer	
17	сигнальний каскад	signaling cascades	
18	транскрипційний фактор	transcription factor	

19	транс-регуляторні елементи	<i>trans</i> -regulatory elements, TREs	
20	цис-регуляторні елементи	<i>cis</i> -regulatory elements – CREs, <i>cis</i> -regulatory modules – CRMs	

Завдання 3.2. Підготувати доповідь з презентацією (можна обрати із наведених нижче тем або запропонувати власну тему (у рамках загальної теми заняття)).

Орієнтовні теми для доповідей здобувачів

1. Стратегії розвитку: мозаїчний і регуляційний типи.
2. Многорівнева регуляція біологічних процесів.
3. Відкриття явища гомеозису.
4. Еволюція гомеозисних генів.
5. Еволюція геномів на прикладі *Hox*-генів.
6. Регенерація і *Hox*-гени.
7. Захворювання людини, пов'язані з мутаціями у генах транскрипційних факторів.

Питання і тестові завдання для самоконтролю

1. Як відбувається експресія *Hox*-генів в організмі сегментованої тварини?
2. Яка роль гомеозисних селекторних генів у розвитку дрозофіли?
3. Охарактеризуйте гени кластеру *Antennapedia*.
4. Охарактеризуйте гени кластеру *Bithorax*.
5. Що таке принцип колінеарності?
6. Порівняйте розташування і експресію *Hox*-генів у дрозофіли і людини.
7. Назвіть основні родини гомеозисних генів.
8. Поясніть зв'язок між гомеодоменом і гомеобоксом.
9. Яка функціональна роль гомеодоменного мотиву.
10. Які типи білкових мотивів факторів транскрипції ви знаєте?

1. Оберіть невірне твердження серед опису властивостей регуляційного типу розвитку:

- a) Напрямок розвитку кожної клітини є ймовірнісним і залежить від її оточення.
- b) До організмів з регуляційним типом розвитку належать хордові.
- c) Доля клітин є чітко визначеною вже на стадії дроблення яйця.
- d) Для організмів з регуляційним типом розвитку наявна тенденція до високих значень показника C (кількості ДНК).

2. Що з перерахованого є вірним стосовно гомеозису?

- a) Це нормальний біологічний процес.
- b) Це явище властиве виключно для тварин.
- c) Має летальний ефект для носія.
- d) Призводить до трансформації одних частин організму в інші.

3. Оберіть визначення поняттю «гени материнського ефекта»:

- a) Гени, фенотиповий прояв яких залежить від походження (материнського чи батьківського, наприклад, синдроми Ангельмана та Прадера-Віллі).
- b) Гени, що активні у клітинах материнського організму, які постачають до ооциту мРНК і білки.
- c) Гени, що успадковуються лише від матері.
- d) Гени, що відносяться до цитоплазматичної спадковості.

4. Оберіть гени материнського ефекту ранніх етапів розвитку дрозофіли, які відповідають за встановлення передньо-задньої ембріональної осі:

- a) *giant – knirps – krüppel – tailless.*
- b) *nanos – hunchback – bicoid – caudal.*
- c) *engrailed - even-skipped - fushi tarazu - odd-paired.*
- d) *sex combs reduced – antennapedia – ultrabithorax – abdominal-A.*

5. Оберіть вірне твердження стосовно *Нох*-кластера у дрозофіли:

- a) Переважна більшість *Нох*-генів відноситься до генів материнського ефекту.

- b) Для *Hox*-генів не властиве явище колінеарності.
- c) *Hox*-гени надзвичайно еволюційно консервативні.
- d) *Drosophila melanogaster* має 4 кластери *Hox*-генів.

6. Надайте визначення поняттю «гомеобокс»:

- a) Це послідовність із 60 амінокислот, яку кодує гомеодомен ДНК.
- b) Це послідовність із 180 пар нуклеотидів, яка при трансляції забезпечує утворення гомеодомену.
- c) Це послідовність із 180 пар нуклеотидів, яка приймає участь у безпосередній регуляції транскрипції ДНК.
- d) Це ділянка амінокислотного ланцюга, яка не піддається ніяким посттрансляційним модифікаціям.

7. Фактори транскрипції можуть активувати або пригнічувати експресію інших генів за рахунок:

- a) Зв'язування з молекулами мРНК.
- b) Регуляції транскрипції ДНК.
- c) Регуляція трансляції мРНК.
- d) Регуляції репарації ДНК.

8: Оберіть структуру, не задіяну у регуляції генної активності за участю транскрипційних факторів:

- a) Промотор.
- b) Інсулятор.
- c) Енхансер.
- d) Сплайсмосома.

9. Оберіть правильне визначення для поняття «базальні фактори транскрипції»?

- a) Фактори транскрипції, які регулюють експресію специфічних генів, кодуєчих білки базальної мембрани.
- b) Фактори транскрипції, які мають у своїй структурі лише один базовий домен, наприклад, гомеодомен або НТН-домен (helix-turn-helix).
- c) Загальноклітинні (убіквітарні) фактори транскрипції, які приймають участь у будь-якому транскрипційному процесі і не впливають на специфічну експресію генів.
- d) Верхні (upstream) фактори транскрипції, які приєднуються до промотору вище послідовності ініціації транскрипції і можуть як стимулювати, так і репресувати транскрипцію.

10. Оберіть білкову структуру, яка не є доменом фактору транскрипції:

- a) «Цинкові пальці», Zinc-coordinating DNA-binding domain.
- b) β -скаффолд білки, β -Scaffold.
- c) α -спіраль, α -helix.
- d) спіраль-петля-спіраль, basic helix-loop-helix (bHLH).

Рекомендована література

1. Peter I. S., Davidson E. H. *Genomic Control Process: Development and Evolution*. Oxford : Academic Press, Elsevier, 2015. 460 p.
2. Bürglin T. R., Affolter M. Homeodomain proteins: an update. *Chromosoma*, 2016. 125(3) 497–521. <https://doi.org/10.1007/s00412-015-0543-8>
3. Dekker J., Marti-Renom M. A., Mirny L. A. Exploring the three-dimensional organization of genomes: interpreting chromatin interaction data. *Nature reviews. Genetics*. 2013. 14(6), 390–403. <https://doi.org/10.1038/nrg3454>
4. Grossman S. R., Engreitz J., Ray J. P., Nguyen T. H., Hacohen N., Lander E. S. Positional specificity of different transcription factor classes within enhancers.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2018. 115, 30. <https://doi.org/10.1073/pnas.1804663115>

5. Gómez-Díaz E., Corces V. G. Architectural proteins: regulators of 3D genome organization in cell fate. *Trends in cell biology*. 2014. 24, 11. P703-711
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.tcb.2014.08.003>
6. Casamassimi A., Ciccodicola A. Transcriptional Regulation: Molecules, Involved Mechanisms, and Misregulation. *International journal of molecular sciences*. 2019. 20(6), 1281. <https://doi.org/10.3390/ijms20061281>
7. Ståhl P. L. et al. Visualization and analysis of gene expression in tissue sections by spatial transcriptomics. *Science*. 2016. V. 353. P. 78–82.
DOI: 10.1126/science.aaf2403
8. Thomas M. C., Chiang C. M. The general transcription machinery and general cofactors. *Critical reviews in biochemistry and molecular biology*. 2006). 41(3), 105–178. <https://doi.org/10.1080/10409230600648736>
9. Eric Wieschaus. From molecular patterns to morphogenesis the lessons from *Drosophila*. Nobel Lecture.
URL: <https://www.nobelprize.org/uploads/2017/06/wieschaus-lecture.pdf> (дата звернення: 17.07.2023).

СЕМІНАРСЬКЕ ЗАНЯТТЯ 4

Тема: Генетика індивідуального розвитку рослин

Мета роботи: ознайомитися з особливостями генетичного контролю індивідуального розвитку вищих рослин.

Матеріал та обладнання: мультимедійний комплекс, презентації та тексти лекцій, наявні у Classroom.

Питання для підготовки та обговорення

1. Особливості онтогенезу рослин.

2. Генетичний контроль ембріогенезу у арабідопсису.
3. Цитогенетична характеристика зародка покритонасінних.
4. Структура пагоневих апікальних меристем (SAM) і їх генетичний контроль.
5. Розвиток органів рослини: корінь, пагін, лист.
6. Флоральні меристеми і їх генетичний контроль.
7. Модель «війни кіл» у розвитку органів квітки покритонасінних рослин.
8. Гомеозисні гени рослин: гомеобоксні гени і гени з MADS-боксом.

Самостійна робота

Завдання 4.1. Скласти **понятійний словник за темою «Генетика індивідуального розвитку рослин»** у вигляді таблиці термінів (табл. 4)

Таблиця 4

№	Термін	Переклад (англ.)	Значення терміну
1	ABC модель	<i>ABC model</i>	
2	ділянка зв'язування гормона	hormone response element (HRE)	
3	генна регуляторна мережа	genetic regulatory networks	
4	гени ініціації розвитку органу	organ initiation genes	
5	гени ідентичності органу	organ identity genes	
6	кадастрові гени	cadastral genes	
7	квіткова меристема	floral meristem, inflorescence	
8	клітинне старіння	cellular senescence	
9	коренева апікальна меристема	root apical meristem, RAM	
10	ліганд	ligand	
11	пагонева меристема	shoot apical meristem, SAM	
12	поліплоїдія	polyploidy, genome duplication	
13	прогеніторні клітини	progenitor cell	

14	сигнальна трансдукція	signal transduction	
15	теорія «туніки й корпуса»	tunica-corpus model	
16	старіння	aging	
17	регуляція транскрипції	transcriptional regulation	
18	регенерація	regeneration	
19	рецептор	receptor	
20	тотипотентність	totipotency	

Завдання 4.2. Підготувати доповідь з презентацією (можна обрати із наведених нижче тем, або запропонувати власну тему (у рамках загальних тем заняття – «Генетика індивідуального розвитку рослин» та «Окремі проблеми генетики індивідуального розвитку»).

Орієнтовні теми для доповідей здобувачів

1. Основні відкриття генетики індивідуального розвитку рослин, зроблені на арабідопсисі.
2. Родини транскрипційних факторів рослин.
3. Особливості апоптозу у рослин.
4. Особливості генетичного контролю вегетативного розмноження і клонування у рослин.
5. Явище тотипотентності.
6. Застосування клонованих тканин та організмів у медичній та сільськогосподарчій практиці.
7. Регенерація у рослин і тварин.

Питання і тестові завдання для самоконтролю

1. Як відбуваються ранні етапи розвитку зародка у покритонасінних?
2. Які особливості онтогенезу рослини зумовлені наявністю пагоневих меристем?
3. Охарактеризуйте кожен із трьох зон пагоневих меристем.
4. Як відбувається розвиток листа?

5. Як відбувається розвиток кореня?
6. Охарактеризуйте будову флоральної меристеми покритонасінних рослин.
7. Як відбувається «війна кіл» у розвитку квітки?
8. Наведіть приклади гомеозисних генів у рослин.
9. Охарактеризуйте MADS-гени рослин.

1. Оберіть невірне твердження стосовно індивідуального розвитку вищих рослин:

- a) Морфогенез вищих рослин відбувається протягом ембріонального розвитку.
- b) Для онтогенезу вищих рослин властиве чергування статевого і нестатевого поколінь.
- c) Для вищих рослин є властивим модульний тип (організація) будови тіла.
- d) Для онтогенезу вищих рослин не властиві клітинні міграції.

2. Назвіть організм, який є модельним для генетики індивідуального розвитку рослин:

- a) Кукурудза звичайна (*Zea mays* L.).
- b) Гусимка звичайна, різושка *Таля* (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.).
- c) Пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.).
- d) Ротики садові (*Antirrhinum majus* L.).

3. Плоїдність клітин суспензора у деяких рослин може досягати:

- a) 2С.
- b) 128С.
- c) 1024С.
- d) 8192С.

4. Зазначте мутації, які афектують ранній розвиток зародку арабідопсиса:

- a) *leafy cotyledons lec1* і *lec2, fus3*.
- b) *gurke* (gk), *fackel* (fk) *monopteros* (mp) *gnom* (gm).

c) *stm*, *zll*, *wus*.

d) *clv* (CLAVATA1), *PI* (PISTILATA) та *AG* (AGAMOUS).

5. Перші ознаки наявності просторової полярності майбутнього зародку (формування апікально-базальної вісі) наявні на етапі:

- a) Зародку на стадії серця.
- b) Восьмиклітинного зародку.
- c) Першого поділу зиготи.
- d) Незаплідненої яйцеклітини.

6. Показано, що мутація, яка впливає на одну частину зародка, як правило, не проявлюється в іншій його частині. Оберіть твердження, яке не відповідає даному спостереженню:

- a) Клітини, що формують певні домени зародка, не є автономними.
- b) Експресія ембріональних генів рослинного зародка є просторово-специфічною.
- c) Диференціювання тканин зародку передуює процесам морфогенезу.
- d) Порушення в диференціюванні тканин призводить до порушень в морфогенезі.

7. Оберіть усі твердження, що справедливі для опису функціонування паgoneвої меристеми (ПМ):

- a) Для клітин меристеми властивий обмін сигналами і позиційні взаємодії.
- b) Різні способи поділу клітин генетично контролюються незалежно.
- c) Різні поєднання напрямлення, швидкості та числа поділів забезпечує формування органів рослин.
- d) Тип клітинного поділу (анти- чи периклінально) визначає форму органу, а кількість поділів – його розмір.

8. Який з пунктів не є передумовою формування листа?

- a) Зміна експресії певних гомеобоксних генів, що належать до класу 1 *knox*-генів.
- b) Зміни орієнтації та швидкості клітинних поділів в Л1, Л2 і Л3 шарах апікальної меристеми.
- c) Форма листа залежить від координованої експресії двох груп (група ініціації та група ідентичності) генів.
- d) Наявність мітотично неактивних клітин, що формують нерухомий центр, що має важливе позиційне значення для формування ініціальних меристематичних клітин.

9. У класичній моделі «війни кіл» за розвиток яких органів відповідають гени класу С?

- a) Маточка.
- b) Тичинки.
- c) Пелюстки.
- d) Чашолистки.

10. Гени класу Е у доповненій моделі «війни кіл» пов'язані з:

- a) Зміною кольору пелюсток.
- b) Формуванням зав'язей замість чашолистків і пелюсток.
- c) Формування плодолистків.
- d) Збереження ідентичності та меж трьох внутрішніх кіл моделі ABC.

Література та корисні ресурси

1. Minelli A. Plant Evolutionary Developmental Biology: The Evolvability of the Phenotype. Cambridge University Press, 2018. 478 p.
2. Rose R. J. (Ed.) Molecular Cell Biology of the Growth and Differentiation of Plant Cells. CRC Press, 2016. 392 p.

3. Альбертс Б., Джонсон А., Левіс Д., Реф М., Робертс К., Уолтер П. Молекулярна біологія клітини. Переклад з англійської. Львів: Видавничий дім «Наутілус», 2018. 1536 с.
4. Heidstra R., Sabatini S. Plant and animal stem cells: similar yet different. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2014. 15, 301–312 <https://doi.org/10.1038/nrm3790>
5. Laux, T., Würschum, T., & Breuninger, H. Genetic regulation of embryonic pattern formation. *The Plant cell.* 2004. 16, 190–202. <https://doi.org/10.1105/tpc.016014>
6. Sattler R, Rutishauser R. Fundamentals of Plant Morphology and Plant Evo-Devo (Evolutionary Developmental Morphology). *Plants.* 2023. 12(1), 118. <https://doi.org/10.3390/plants12010118>

Питання для періодичного контролю

1. Як відбувається регуляція експресії генів на рівні транскрипції?
2. Як відбувається регуляція генної експресії на рівні процесингу РНК?
3. Як здійснюється трансляційна і посттрансляційна регуляція процесів розвитку?
4. Завдяки чому підтримується диференційований стан генів у ряду клітинних поколінь?
5. Що таке геномний імпринтинг?
6. Що таке експресивність та пенетрантність гена?
7. Дайте визначення поняттям «морфози» і «терати».
8. Що таке «епігенетичний ландшафт» у розумінні К. Уоддінгтона?
9. Дайте визначення поняттю «цитотип».
10. Дайте визначення поняттю «гістотип».
11. Що означає «тотипотентність»?
12. Що означає термін «проліферація»?
13. Перелічіть властивості, характерні для ембріональних стовбурових клітин?
14. Генетичні фактори вибіркового розмноження та загибелі клітин.
15. Назвіть найбільш придатні для онтогенетичних досліджень лабораторні об'єкти.
16. Перелічіть механізми епігенетичної регуляції.
17. Які гомеозисні гени були вперше досліджені у дрозофіли?
18. Дайте визначення терміну «генетична детермінація».
19. Які гомеозисні гени присутні у рослин?
20. Наведіть класифікацію стовбурових клітин.
21. Назвіть основні властивості стовбурових клітин.
22. Як взаємодіють структурні і регуляторні гени. Як їх ще називають?
23. Дайте визначення терміну «гомеобокс».
24. Дайте визначення терміну «гомеодомен».
25. Що таке терапевтичне клонування?
26. Опишіть наслідки повного клонування.
27. Дайте визначення поняттю «апоптоз».
28. Дайте визначення поняттю «клон».
29. Назвіть стадії апоптоза у правильній послідовності.

30. Дайте визначення процесу материнсько-зиготичного переходу.
31. Дайте визначення терміну «морфогенез».
32. Перерахуйте засоби та механізми клітинної міграції.
33. Що таке цитоплазматична сегрегація?
34. Дайте визначення поняттю «ембріональна індукція».
35. Дайте визначення терміну «гомеозис».
36. Дайте визначення, що таке «фактори транскрипції».
37. Скільки генів складають НОХ-кластер у дрозофіли?
38. Назвіть перший етап розвитку двосторонньо-симметричних тварин.
39. Назвіть третій етап розвитку двосторонньо-симметричних тварин.
40. Назвіть другий етап розвитку двосторонньо-симметричних тварин.
41. Яким є сучасне уявлення про виникнення НОХ-кластерів ссавців?
42. Що таке явище колінеарності НОХ-генів?
43. Назвіть принципову відмінність онтогенезу і морфогенезу рослин від цих процесів у тварин.
44. Які білкові мотиви, властиві транскрипційним факторам, вам відомі?
45. Назвіть основні властивості факторів транскрипції.
46. Назвіть ключовий фактор у розвитку кореня.
47. Назвіть ключовий фактор у розвитку листа.
48. Назвіть молекули клітинної адгезії.
49. Як здійснюється регуляція клітинного циклу?
50. Які РНК-продукти не виходять за межі ядра?
51. Як здійснюється поділ стовбурових клітин?
52. Що є результатом сумісної роботи генів ВС у моделі «війни кіл»?
53. Що є результатом сумісної роботи генів АВ у моделі «війни кіл»?
54. За що відповідають гени кожного класу А, В, С у моделі генетичного контролю розвитку флоральної меристеми?
55. Назвіть ключовий фактор у розвитку квітки.

Список рекомендованої літератури та інформаційні ресурси

1. Альбертс Б., Джонсон А., Левіс Д., Реф М., Робертс К., Уолтер П. Молекулярна біологія клітини. Переклад з англійської. Львів : Наутілус, 2018. 1536 с.
2. Vaiserman A. M. Early Life Origins of Ageing and Longevity. Springer, Cham, 2019. 310 p.
3. Peter I. S., Davidson E. H. Genomic Control Process: Development and Evolution. Oxford : Academic Press, 2015. –460 p.
4. Tworzydło W., Bilinski S. (Eds.) Evo-Devo: Non-model Species in Cell and Developmental Biology. Springer, 2019. 550 p.
5. Gilbert S. F. Developmental Biology. 9th ed. Sunderland : Sinauer Associates Inc., 2010. 796 p.
6. Minelli A. Plant Evolutionary Developmental Biology: The Evolvability of the Phenotype. Cambridge University Press, 2018. 478 p.
7. Rose R. J. (Ed.) Molecular Cell Biology of the Growth and Differentiation of Plant Cells. CRC Press, 2016. 392 p.
8. Hall B. K., Moody S. A. (eds.) Cells in Evolutionary Biology: Translating Genotypes into Phenotypes - Past, Present, Future. CRC Press, 2018. 295 p.
9. Streelman J. T. (ed.) Advances in Evolutionary Developmental Biology. Wiley, 2014. 255 p.
10. Held L. How the snake lost its legs. Curious Tales from the Frontier of Evo-Devo. Cambridge: University Printing House, 2014. 306 p.
11. Moore D. S. The Developing Genome: An Introduction to Behavioral Epigenetics. Oxford University Press, 2015. 320 p.
12. The National Center for Biotechnology Information.
URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата звернення: 17.07.2023).
13. A Database of Drosophila Genes & Genomes.
URL: <http://flybase.org/> (дата звернення: 17.07.2023).

14. Human Epigenome Project. URL: <http://www.epigenome.org/>
(дата звернення: 17.07.2023).
15. Pathway Interaction Database Cell Communication.
URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/23466>
(дата звернення: 17.07.2023).
16. Genes & development Journal. URL: <http://genesdev.cshlp.org/>
(дата звернення: 17.07.2023).
17. Molecule pages Journal. URL: <http://pid.nci.nih.gov/index.shtml>
(дата звернення: 17.07.2023).
18. Developmental biology Journal.
URL: <http://www.journals.elsevier.com/developmental-biology/>
(дата звернення: 17.07.2023).
19. GenAge Database of Ageing-Related Genes.
URL: <https://genomics.senescence.info/genes/index.html>
(дата звернення: 17.07.2023).
20. Human Ageing Genomic Resources. URL: <https://genomics.senescence.info/>
(дата звернення: 17.07.2023).

Відповіді на тестові питання для самоконтролю

Семінарське заняття 1	1с. 2а. 3b. 4а. 5d. 6d. 7b. 8d. 9с. 10а
Семінарське заняття 2	1а. 2с. 3b. 4b. 5d. 6b. 7с. 8abcd. 9с. 10d
Семінарське заняття 3.	1с. 2d. 3b. 4b. 5с. 6b. 7b. 8d. 9с. 10с
Семінарське заняття 4	1а. 2b. 3с. 4b. 5d. 6а. 7abcd. 8d. 9а. 10d

Навчальне видання

ГЕНЕТИКА ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до семінарських занять і самостійної роботи
з курсу «Генетика індивідуального розвитку»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за спеціальностями 091 «Біологія та біохімія»,
162 «Біотехнології та біоінженерія»,
014.05 «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)»,
206 «Садово-паркове господарство»

Електронне практичне видання

Укладач:

Алексєєва Тетяна Григорівна

В авторській редакції

Затвердж. авт. 12.07.2024. Шрифт Times New Roman.
Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним забезпеченням
для читання файлів формату PDF.
Обсяг 0,9 МБ. Зам. № 2810.

Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.
65082, м. Одеса, вул. Університетська, 12, Україна
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua