

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів
Кафедра молекулярної генетики та біотехнології



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННІБХБ

Руслан БЕСПАЛЬКО

« 9 » серпня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Молекулярна геноміка
обов'язкова

Освітньо-професійна програма	<u>Біологія</u>
Спеціальність	<u>091 Біологія та біохімія</u>
Галузь знань	<u>09 Біологія</u>
Рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський)</u>
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів	
Мова навчання	українська

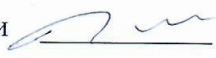
Чернівці 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Молекулярна геноміка» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Біологія», затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (протокол № 7, від 29.04.2024).

Розробник: Волков Роман Анатолійович, завідувач кафедри молекулярної генетики та біотехнології, доктор біологічних наук, професор

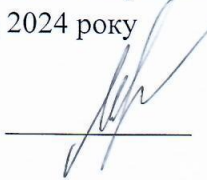
Погоджено з гарантом ОП і затверджено на засіданні кафедри молекулярної генетики та біотехнології

Протокол № 1 від « 8 » серпня 2024 року

Завідувач кафедри  Волков Р.А.

Схвалено методичною радою навчально-наукового інституту

Протокол № 1 від « 9 » серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІБХБ  Москалик Г.Г.

1. Мета навчальної дисципліни: сформувати у студентів уявлення про молекулярну організацію геномів еукаріот, явище надлишковості еукаріотичних геномів та його причини, основні групи унікальних та повторюваних послідовностей, механізми їх перебудов.

Навчальна дисципліна «Молекулярна геноміка» викладається для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання. У курсі висвітлюється інформація щодо організації та еволюції геномів еукаріотичних організмів. Розглядається структурно-функціональна організація хромосом. Обговорюються закономірності молекулярної еволюції мультигенних родин та повторюваних послідовностей в контексті віддаленої гібридизації, поліплоїдизації та видоутворення. Вивчаються закономірності геноміки ендосимбіозу. Значна увага приділяється методам розшифрування та аналізу геномів.

2. Результати навчання

В результаті навчання у здобувачів формуються наступні компетентності:

ЗК1. Здатність працювати у міжнародному контексті.

ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

СК3. Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.

СК4. Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.

СК12. Здатність застосовувати молекулярно-генетичні підходи у дослідженні живих організмів.

У результаті навчання формуються наступні програмні результати:

ПР1. Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для спілкування з професійних питань та презентації результатів власних досліджень.

ПР2. Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.

ПР4. Розв'язувати складні задачі в галузі біології, генерувати та оцінювати ідеї.

ПР7. Описувати й аналізувати принципи структурно-функціональної організації, механізмів регуляції та адаптації організмів до впливу різних чинників.

ПР14. Дотримуватись норм академічної доброчесності під час навчання та провадження наукової діяльності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності.

ПР21. Застосувати теоретичні положення для пояснення генетичних особливостей рослин різних таксономічних груп.

Студент повинен **знати**:

- принципи організації генетичного матеріалу про- та еукаріот;
- організацію геному, унікальних та повторюваних послідовностей;
- класичні та сучасні методи молекулярно-генетичних досліджень;
- геномні проекти, сиквенування та аналіз геномів, геноміку;
- явище нестабільності геному, організацію та функціонування стрибаючих генів;
- механізми рекомбінації та перебудов геному;
- мінливість геному, молекулярні маркери.

Студент повинен **вміти**:

- розшифрувати результати, отримані при сиквенуванні ДНК, аналізувати геноми;
- аргументовано пояснити використання ендонуклеаз рестрикції для сайт-специфічного розщеплення ДНК;
- будувати філогенетичні дендрограми.

3. Опис навчальної дисципліни

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекцій	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	5	10	4	120	18	-	10	-	92	-	екзамен

3.1. Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	сем	інд	с.р.		л	п	сем	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Теми	Змістовий модуль 1. Організація геному											
Тема 1. Будова геному еукаріот та молекулярна організація хромосом	16	2	-	4	-	10						
Тема 2. Молекулярна організація та функція рДНК та ядерця	13	3	-	-	-	10						
Тема 3. Мобільні генетичні елементи	19	2	-	2	-	15						
Разом за змістовим модулем 1	48	7	-	6	-	35						
Теми	Змістовий модуль 2. Еволюція геному											
Тема 4. Молекулярні механізми віддаленої гібридизації	14	2	-	-	-	12						
Тема 5. Сиквенування та аналіз геномів	14	3	-	1	-	10						
Тема 6. Молекулярна еволюція	25	4	-	1	-	20						
Тема 7. Геноміка ендосимбіозу	19	2	-	2	-	15						
Разом за змістовим модулем 2	72	11	-	4	-	57						
Усього годин	120	18	-	10	-	92						

3.2. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми
1	Молекулярна організація центромерних ділянок хромосом. Сателітна ДНК.
2	Молекулярна організація та підтримання теломерних ділянок хромосом
3	Мігруючі генетичні елементи
4	Закономірності еволюції геномів
5	Геноміка симбіозу. Організація геномів органел

3.3. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені.

3.4. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені.

3.5. Теми індивідуальних завдань

Лабораторні завдання не передбачені

3.6. Зміст завдань для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми
1	Структурна та функціональна організація еукаріотичного геному
2	Поліморфізм та еволюція рДНК
3	Транспозони та геномна нестабільність
4	Перебудови геномів у наслідок віддаленої гібридизації
5	Методи сиквенування та аналізу геномів
6	Горизонтальний трансфер ДНК у Еукаріот
7	Теломеразна теорія старіння
8	Молекулярні механізми геномної еволюції

4. Освітні технології, методи навчання і викладання навчальної дисципліни

Форми організації навчання: лекція, семінарське заняття, індивідуальне навчальне заняття, консультація.

Методи навчання: словесні (розповідь, пояснення, лекція), наочні (демонстрація, ілюстрація, спостереження), практичні (вирішення проблемних задач), робота у групах.

5. Критерії та засоби оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

5.1. Критерії підсумкового оцінювання

40 балів – вичерпна відповідь на всі теоретичні питання, правильний розв'язок запропонованої задачі та тестових завдань;

30 балів – допущення окремих неточностей та наявність незначних помилок у відповідях;

20 балів – відповідь неповна, наявність суттєвих помилок при розв'язанні задачі і тестових завдань;

10 балів – надання окремих правильних положень з теоретичних питань, допущення грубих помилок при розв'язанні запропонованих задачі і тестів.

0 балів – відсутність будь-яких правильних відповідей на запропоновані теоретичні і практичні завдання.

5.2. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерії оцінювання усної відповіді

- 4 бали** – вичерпна відповідь на питання, повне володіння матеріалом,
3 бали – у відповіді допущені деякі помилки, що не стосуються основної суті питання,
2 бали – наявність у відповіді грубих помилок, що стосуються основоположних питань матеріалу,
1 бал – наявність у відповіді лише окремих правильних тверджень,
0 балів – неправильна відповідь або відсутність відповіді.

Критерії оцінювання тестових завдань

- 4 бали** – правильний розв'язок тестового завдання,
3 бали – наявність третини неправильних відповідей (правильні та неповні відповіді),
2 бали – наявність половини правильних відповідей,
1 бал – переважання неправильних відповідей,
0 балів – завдання розв'язано неправильно.

Критерії оцінювання модульних контрольних робіт

Проміжний модульний контроль включає відповідь на два теоретичних питання, та розв'язок 10 тестових завдань. Максимальна кількість балів за кожне із завдань – 5 балів. У разі допущення помилок чи надання неповної відповіді оцінка знижується на 1 бал відповідно до допущеного ступеня неточності.

Перелік питань для самооцінювання та контролю

1. Особливості організації геному прокариотів та еукаріотів.
2. Що таке реасоціація ДНК? Від чого залежить швидкість реасоціації ДНК у розчині?
3. Що таке повторювані послідовності? Як було доведено існування повторюваних послідовностей?
4. Класифікація повторюваних послідовностей.
5. Які послідовності належать до фракцій унікальних, середньо та високо повторюваних послідовностей? Наведіть приклади.
6. Яке функціональне значення повторюваності певних послідовностей у геномі? Наведіть приклади.
7. Чому геноми еукаріотичних організмів містять значно більше ДНК, ніж необхідно для кодування білків? Якою є функція «надлишкової» ДНК?
8. Які послідовності відносяться до класу середньо повторюваних?
9. Що таке мультигенні родини? Для яких організмів вони характерні?
10. Молекулярна організація теломер. Теломерні повтори, їх значення для реплікації ДНК.
11. Активність теломерази та процеси старіння в організмі.
12. Молекулярна організація генів гістонів.
13. Що таке сателітна ДНК? Як її можна виявити?
14. Сателітна ДНК: розповсюдження, структурні особливості та хромосомна локалізація.
15. Гіпотези виникнення сатДНК.
16. Що таке *in situ* гібридизація? Для чого вона застосовується?
17. У чому полягає різниця між прокариотичними та еукаріотичними рибосомами?
18. Хромосомна локалізація та структурно-функціональна організація 35-45S-рДНК.
19. Хромосомна локалізація та структурно-функціональна організація 5S рДНК.
20. Як синтезується 5S рРНК (основні етапи)?
21. Як синтезуються 5.8S, 18S та 25-28S рРНК (основні етапи)?
22. Які РНК-полімерази є у еукаріотичній клітині? Яка їхня функція?
23. Як побудований промотор 35-45S рДНК? Що таке фактори ініціації транскрипції?
24. Охарактеризуйте процесинг 35-45S рРНК (основні етапи).

25. Що таке ядерце? Які процеси там відбуваються?
26. Структурно-функціональна організація ядерця. Ядерцеві білки: нуклеолін, фібрілорин.
27. Які РНК-полімерази необхідні для синтезу всіх компонентів рибосом?
28. Де і як відбувається біосинтез рибосом?
29. Успадкування 5S та 35-45S рДНК у алоплоїдів.
30. Перебудови 35-45S рДНК у алоплоїдів.
31. Явище ядерцевого домінування. Молекулярні механізми.
32. Диференційна експресія та метилування 35-45S рДНК у алоплоїдів.
33. Відкриття транспозонів. Роботи Б. Мак-Клінток з кукурудзою.
34. Що таке транспозони? Їх класифікація.
35. ДНК та РНК транспозони. Загальна характеристика.
36. Нестабільні мутації у кукурудзи. Їх причини.
37. Автономні та неавтономні транспозони.
38. Молекулярна організація ДНК-транспозонів. Прямі та інвертовані повтори.
39. Механізм перенесення Ac/Ds транспозонів.
40. Молекулярна організація Ac/Ds-елементів.
41. Механізми інактивації транспозонів.
42. Ретротранспозони в геномі людини.
43. Що таке ендегенні ретровіруси?
44. Організація та розповсюдження LTR-ретротранспозонів.
45. Характеристика LINE та SINE елементів.
46. Як змінювався розмір геному протягом еволюції?
47. Що таке транскриптом? Що показав перший аналіз транскриптому людини?
48. Що таке «геномні проекти»?
49. Як сиквенують великі еукаріотичні геноми? Які проблеми при цьому виникають?
50. Для чого потрібні генетичні карти при сиквенуванні геномів?
51. Як клонують великі фрагменти ДНК?
52. Що таке YAC? Для чого вони використовуються?
53. Які структурні ділянки входять до складу YAC?
54. Чому вважається, що *Arabidopsis thaliana* є стародавнім поліплоїдом?
55. У яких ділянках геному арабідопсису сконцентровані «стрибаючі гени», чому?
56. Що таке транскрипційні фактори? Чому у рослин є багато специфічних транскрипційних факторів?
57. Які гени/білки є специфічними для рослин? Чому?
58. На прикладі аскорбат пероксидази (Арх) арабідопсису поясніть, що таке мультигенні/мультипротеїнові родини?
59. Поліморфізм глобінових генів та кодованих ними білків.
60. Молекулярний поліморфізм та еволюція мультигенної родини фотопсинів.
61. Гени фотопсинів людини. Перебудова X-хромосом при дальтонізмі.
62. Механізми еволюції мультигенних родин.
63. Яка існує залежність між розміром геному та швидкістю розвитку рослин? Чому?
64. Що таке концертна (узгоджена) еволюція?
65. Розмір геному та еволюція птахів.
66. Дуплікація геному в еволюції рослин. Стародавні поліплоїди.
67. Явище диплоїдизації, його еволюційне значення.
68. Поліплоїдія та циклічна еволюція геномів.
69. Різноманіття архітектури мітохондріальних та пластидних геномів:
70. Походження пре-мітохондріальних ендосимбіонтів.
71. Походження пре-пластидних ендосимбіонтів.
72. Асоційовані з теломерами білкові комплекси. Нуклеосоми.
73. Асоційовані з теломерами білкові комплекси. Шелтерин.
74. Різноманіття центромер. Точкові та регіональні центромери.

75. Різноманіття центромер. Транспозон-багаті та сателітні центромери.

5.3. Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

5.4. Засоби оцінювання

- стандартизовані тести;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- контрольні роботи;
- розв'язування ситуативних задач.

6. Форми поточного та підсумкового контролю

Поточний контроль проводиться у формі усного опитування, тестового контролю, письмового опитування з використанням елементів порівняльного аналізу.

Підсумковий контроль (залік) проводиться у письмовій формі, яка охоплює відповідь на теоретичні питання і розв'язок практичного та тестових завдань.

Зарахування результатів неформальної освіти

Зарахування результатів неформальної освіти проводиться згідно «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти у системі формальної освіти)»

<https://www.chnu.edu.ua/media/3aykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>

Політика курсу

Впродовж семестру для перевірки знань студентів та контролю за самостійною роботою застосовують письмові роботи та тестовий контроль. При виконанні різних форм робіт студенти повинні дотримуватися принципів академічної доброчесності.

Питання плагіату та академічної доброчесності регламентуються ЗУ «Про вищу освіту» та локально-правовими актами ЗВО: Правила академічної доброчесності у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича

<https://www.chnu.edu.ua/media/lnojdab4/pravyla-akademichnoi-dobrochesnosti.pdf>

Положення про виявлення та запобігання плагіату у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича <https://www.chnu.edu.ua/media/n5nbzwgb/polozhennia-chnu-pro-plahiat-2023plusdodatky-31102023.pdf>

та Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

7. Рекомендована література

7.1. Базова (основна)

1. *5S рибосомна ДНК квіткових рослин* (2021). За ред. Р.А. Волкова - Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. – 168 с.
2. Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular Biology of the Cell: Seventh International Student Edition with Registration Card*. WW Norton & Company.
3. Cooper, G., & Adams, K. (2022). *The cell: a molecular approach*. Oxford University Press.
4. Krebs, J. E., Goldstein, E. S., & Kilpatrick, S. T. (2017). *Lewin's genes XII*. Jones & Bartlett Learning.

7.2. Допоміжна

1. Almojil, D., Bourgeois, Y., Falis, M., Hariyani, I., Wilcox, J., & Boissinot, S. (2021). The structural, functional and evolutionary impact of transposable elements in eukaryotes. *Genes*, 12(6), 918.
2. Garcia, S., Kovarik, A., Maiwald, S., Mann, L., Schmidt, N., Pascual-Díaz, J. P., ... & Heitkam, T. (2024). The dynamic interplay between ribosomal DNA and transposable elements: a perspective from genomics and cytogenetics. *Molecular Biology and Evolution*, 41(3), msae025.
3. Hemleben, V., Grierson, D., Borisjuk, N., Volkov, R. A., & Kovarik, A. (2021). Personal perspectives on plant ribosomal RNA genes research: from precursor-rRNA to molecular evolution. *Frontiers in Plant Science*, 12, 797348.
4. Horne, T., Orr, V. T., & Hall, J. P. (2023). How do interactions between mobile genetic elements affect horizontal gene transfer?. *Current opinion in microbiology*, 73, 102282.
5. Kuo, Y. T., Schubert, V., Marques, A., Schubert, I., & Houben, A. (2024). Centromere diversity: How different repeat-based holocentromeres may have evolved. *BioEssays*, 46(6), 2400013.
6. Moran, B. M., Payne, C., Langdon, Q., Powell, D. L., Brandvain, Y., & Schumer, M. (2021). The genomic consequences of hybridization. *Elife*, 10, e69016.
7. Naish, M., & Henderson, I. R. (2024). The structure, function, and evolution of plant centromeres. *Genome Research*, 34(2), 161-178.
8. Sibbald, S. J., & Archibald, J. M. (2020). Genomic insights into plastid evolution. *Genome Biology and Evolution*, 12(7), 978-990.
9. Sloan, D. B., Warren, J. M., Williams, A. M., Wu, Z., Abdel-Ghany, S. E., Chicco, A. J., & Havird, J. C. (2018). Cytonuclear integration and co-evolution. *Nature Reviews Genetics*, 19(10), 635-648.
10. Raval, P. K., Martin, W. F., & Gould, S. B. (2023). Mitochondrial evolution: Gene shuffling, endosymbiosis, and signaling. *Science advances*, 9(32), eadj4493.
11. Smith, D. R., & Keeling, P. J. (2015). Mitochondrial and plastid genome architecture: reoccurring themes, but significant differences at the extremes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(33), 10177-10184.
12. Srinivas, N., Rachakonda, S., & Kumar, R. (2020). Telomeres and telomere length: a general overview. *Cancers*, 12(3), 558.
13. Tynkevich, Y. O., Yakobyshen, D. V., Cherkazianova, A. S., Shelyfist, A. Y., & Volkov, R. A. (2024). Intragenomic Polymorphism of the ITS1-5.8 S-ITS2 Region in Invasive Species of the Genus *Reynoutria*. *Cytology and Genetics*, 58(6), 536-546.
14. Talbert, P. B., & Henikoff, S. (2020). What makes a centromere? *Experimental Cell Research*, 389(2), 111895.
15. Volkov, R. A., Borisjuk, N., Garcia, S., Kovarik, A., Sáez-Vásquez, J., eds. (2023). *Molecular Organization, Evolution, and Function of Ribosomal DNA*. Lausanne: Frontiers Media SA, 221 p.

16. Volkov, R. A., Panchuk, I. I., Borisjuk, N. V., Hosiawa-Baranska, M., Maluszynska, J., & Hemleben, V. (2017). Evolutional dynamics of 45S and 5S ribosomal DNA in ancient allohexaploid *Atropa belladonna*. BMC Plant Biology, 17(1), 1-15.
17. Wang, W., Zhang, X., Garcia, S., Leitch, A. R., & Kovařík, A. (2023). Intragenomic rDNA variation-the product of concerted evolution, mutation, or something in between? Heredity, 131(3), 179-188.
18. Wang, J., Kan, S., Liao, X., Zhou, J., Tembrock, L. R., Daniell, H., ... & Wu, Z. (2024). Plant organellar genomes: much done, much more to do. Trends in Plant Science, 29(7), 754-769.

9. Інформаційні ресурси

1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>
2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/home/genomes/>
3. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
4. <https://goat.genomehubs.org/>
5. <https://www.genome.jp/kegg/>
6. <https://genome.ucsc.edu/>

Додатково Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота; модульні контрольні роботи)									Кількість балів (екзамена- ційна робота)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль № 2						
T1	T2	T3	M1	T4	T5	T6	T7	M2		
5	5	5	10	5	5	5	5	15	40	100

T1, T2... T7 – теми змістових модулів.