НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Державна установа
«ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕНОМІКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор ДУ «ІХБГ НАН України»
академік НАН України
_____ Ярослав БЛЮМ
наказ № 22 від 22 травня 2026 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВНУТРІШНЬОКЛІТИННИЙ ТРАНСПОРТ І СЕКРЕЦІЯ

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії
галузь знань Е Природничі науки, математика та статистика

спеціальність Е1 Біологія та біохімія

Шифр за ОНП – ВК 2.2.

КИЇВ – 2026

Робоча програма навчальної дисципліни **«Внутрішньоклітинний транспорт і секреція»** для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* Е Природничі науки, математика та статистика *за спеціальністю* Е1 Біологія та біохімія. «22» травня 2026 року – 17 с.

Розробник:
Ісаєнков С.В., д.б.н., с.н.с.

Робоча програма дисципліни **«Внутрішньоклітинний транспорт і секреція»** схвалена на засіданні вченої ради ДУ «ІХБГ НАН України» (протокол № 8 від «21» травня 2026 року).

Робоча програма дисципліни **«Внутрішньоклітинний транспорт і секреція»** розглянута на засіданні випускового відділу геноміки та молекулярної біотехнології ДУ «ІХБГ НАН України».

Завідувач відділу академік НАН України Ярослав БЛЮМ

20 травня 2026

© **Ісаєнков С.В.** 2026 рік
© _____, 20__ рік
© _____, 20__ рік

ВСТУП

Навчальна дисципліна «**Внутрішньоклітинний транспорт і секреція»** є складовою освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* Е Природничі науки, математика та статистика *за спеціальністю* Е1 Біологія та біохімія.

Дана дисципліна є дисципліною за вибором аспіратів за *спеціальністю* Е1 Біологія та біохімія.

Викладається у 3 семестрі ІІ року навчання в аспірантурі в обсязі **– 120 год *(4 кредити ECTS)*** зокрема: *лекції – **20** год, практичні роботи – **20** год, самостійна робота – **80** год.* У курсі передбачено 3 *змістових модулі*. Завершується вивчення дисципліни **заліком.**

1.1. **Мета дисципліни** – поглиблення знань аспірантів стосовно загальних принципів транспортних процесів всередині клітини та секреції, основних типів секреції та транспортних напрямків клітин.

Завдання:

- поглиблення уявлення про механізми внутрішньоклітинного транспорту;
- ознайомлення із специфічними особливостями та типами транспортних напрямків та процесів у середині клітини; розкриття головних типів клітинної секреції та особливостей їх функціонування;
- формування у аспірантів уявлення про найсучасніші напрямки біологічної науки та нові принципи, підходи та методи дослідження, а також про сукупність наукових галузей, які мають відношення до вивчення механізмів секреції та внутрішньоклітинного транспорту.

В результаті вивчення навчальної дисципліни у здобувачів мають бути сформовані:

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв’язувати комплексні завдання в галузі біології у процесі проведення дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення і інтегруються у світовий науковий простір через публікації.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Знати та розуміти предметну область та розуміти професійну діяльність.

ЗК02. Бути здатним працювати в міжнародному контексті.

ЗК03. Бути здатним розробляти та управляти проектами.

ЗК04. Бути здатним мотивувати людей та рухатися вперед.

ЗК05. Бути здатним оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК06. Бути здатним працювати автономно та в команді.

ЗК07. Здатність розуміти та застосовувати на практиці цінності, принципи і правила академічної доброчесності, дотримуватись принципу неприпустимості корупції.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

СК01. Здатність аналізувати явища та процеси з точки зору фундаментальних загальнонаукових принципів і знань, адекватно застосовувати концептуальні та методологічні знання в галузі біології.

СК02. Здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, зокрема, і міждисциплінарних.

СК03. Здатність критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові ідеї.

СК04. Здатність ініціювати, планувати і здійснювати комплексні оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які мають бути оприлюднені у наукових виданнях.

СК05. Здатність обирати методи та критерії оцінки досліджуваних феноменів та процесів в галузі біології відповідно до цілей та завдань наукового дослідження.

СК06. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних, електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК07. Здатність ініціювати, розробляти, реалізовувати комплексні інноваційні проєкти.

СК08. Здатність оприлюднювати результатів наукових досліджень в усній і письмовій формах відповідно до національних та міжнародних стандартів у академічній спільноті та суспільстві.

СК09. Здатність дотримуватись етичних принципів, академічної доброчесності та авторського права в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК10. Здатність сформувати системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір, навчатись упродовж життя.

СК11. Здатність використовувати закономірності та сучасні досягнення молекулярної генетики, клітинної біології, біотехнології у поєднанні з сучасним інструментарієм для дослідження біологічних систем та процесів.

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

РН01. Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напряму, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН02. Вільно презентувати та обговорювати результати досліджень, наукові та прикладні проблеми біології державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у наукових виданнях.

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання.

РН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у біології та дотичних міждисциплінарних напрямах.

РН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

РН08. Глибоко розуміти загальні принципи та методи біологічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері біології та у викладацькій практиці.

РН10. Мати чіткі сучасні уявлення про структуру, тонку структура генів, еволюцію генетичних систем клітин, біосинтез ДНК, механізми та закономірності передачі генетичної інформації від клітини до клітини, від покоління до покоління, експресію генів, що проявляються в конкретних ознаках і властивостях клітин; методи вивчення нуклеїнових кислот та розроблення нових методів і біотехнологій для практичного використання.

Місце дисципліни *(в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напряму підготовки)*.

Навчальна дисципліна «Внутрішньоклітинний транспорт і секреція» є навчальною дисципліною програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* Е Природничі науки, математика та статистика *за спеціальністю* Е1 Біологія та біохімія за вибором аспірантів.

«Внутрішньоклітинний транспорт і секреція» є дисципліною, що поглиблює базові уявлення про успадкування властивостей організмів, які не пов'язані зі зміною нуклеотидної послідовності ДНК, і можуть бути не прямо, а опосередковано закодовані в геномі.

Зв'язок з іншими дисциплінами.

Основою для вивчення навчальної дисципліни «Внутрішньоклітинний транспорт і секреція» є університетські дисципліни «Молекулярна біологія», «Клітинна біологія», «Генетика», «Гістологія», обов'язкові дисципліни «Геномна інженерія та синтетична біологія», «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин», «Структурна та функціональна геноміка».

Навчальна дисципліна «Внутрішньоклітинний транспорт і секреція» є дисципліною за вибором аспіранта в системі підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 Біологія за спеціальністю Е1 Біологія та біохімія.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Загальні принципи внутрішньоклітинного транспорту

Тема 1. Внутрішньоклітинні компартменти та сортування протеїнів **(*12 год.*)**

Типи мембранних утворень клітини. Еволюційне походження різних органел і пов'язані з ним особливості транспорту. Характеристика мембран клітинних органел. Функції органел і пов'язаний із ними транспорт.

Тема 2. Типи транспортних механізмів всередині клітини. Сигнали сортування (розпізнавання) протеїнів, що транспортуються. Рецепторні протеїни ***(12 год.)***

Транспорт через ворота (Gated transport). Трансмембранний транспорт. Везикулярний транспорт. Типи мембранних каналів (воріт). Транслокатори протеїнів. Мембранні посередники транспорту.

Опис та структура сигнальних послідовностей розпізнавання протеїнів. Головні типи рецепторних протеїнів. Механізми органельного розпізнавання та адресації протеїнів. 2 типи сигналів сортування в протеїнах. Сигнальна послідовность та сигнальний патч.

Змістовий модуль 2. Особливості внутрішньоклітинного транспорту між різними типами органел

Тема 3. Механізми транспорту молекул між цитозолем та ядром (***18 год.***)

Будова комплекс ядерних пор. Сигнал ядерної локалізації. Механізм дії Ran ГТФаза. Механізм ядерного експорту. Регуляція транспортного апарату ядра. Контроль експорту іРНК. Роль хроматину в регуляції активності генів.

Тема 4. Транспорт протеїнів до мітохондрій та хлоропластів ***(12 год.)***

Механізм роботи комплексу ТОМ. Механізм роботи комплексу ТІМ. Роль транслокаторів ОХА. Механізм імпорту мітохондріальних протеїнів. Транспорт протеїнів у внутрішню мембрану чи міжмембранний простір. Транспорт протеїнів у пластиди.

Тема 5. Пероксисоми та імпорт протеїнів ***(18 год.)***

Роль пероксисом в рослинах та тваринних клітинах. Роль пероксисом в транспорті протеїнів. Сигнальна послідовність специфічна до пероксисом.

Тема 6. Роль ЕПР у транспорті протеїнів ***(18 год.)***

Типи протеїнів, що транспортуються у ЕПР. Механізми імпорту протеїнів у ЕПР. Сигнальний пептид розпізнавання. Будова пори протеїну-транслокатора.

Пакування (Folding) резидентних протеїнів ЕПР. Глікозилювання ЕПР протеїнів. Будівництво подвійного ліпідного шару мембрани ЕПР.

Змістовий модуль 3. Механізми ендосомального транспорту

Тема 7. Механізми ендосомального та внутрішньоклітинного транспорту. Покривні протеїни та адаптери ***(18 год.)***

Типи ендосомальних транспортних шляхів. Загальні принципи везикулярного транспорту. Використання різних типів покривів у везикулярному транспорті. Роль внутрішньоклітинний компартментів у біосинтетичному та ендоцитозному шляхах.

Типи покривних протеїнів. Механізм збирання клатринових везикул. Структура клатринового покриву. Інші протеїни покриву клатринових везикул. Збирання та розбирання клатринового покриву. Регуляція процесів брунькування та видалення покриву з поверхні везикул. Роль динаміну в процесі відриву клатринової везикули від мембрани. COPI- та COPII-везикули.

Тема 8. Регуляція напрямку мембранного транспорту за допомогою ГТФаз та SNARE-протеїнів ***(12 год.)***

Контроль збирання покриву везикул за допомогою мономерних ГТФаз. Модель формування COPII-везикули. Типи SNARE-протеїнів у клітині. Механізм взаємодії v-SNARE та t-SNARE. Механізм роз'єднання комплексів SNARE-протеїни, що взаємодіють. Механізм дисоціація пар SNAR-протеїнів за допомогою NSF після злиття повного злиття мембран.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	практичні	СРС
	Змістовий модуль 1 *Загальні принципи внутрішньоклітинного транспорту*			
1	**Тема 1**. *Внутрішньоклітинні компартменти та сортування протеїнів*	2	2	8
2	**Тема 2.** *Типи транспортних механізмів всередині клітини. Сигнали сортування (розпізнавання) протеїнів, що транспортуються. Рецепторні протеїни*	2	2	8
	Разом за змістовим модулем 1	***4***	***4***	***16***
	Змістовий модуль 2 *Особливості внутрішньоклітинного транспорту між різними типами органел*			
3	**Тема 3**. *Механізми транспорту молекул між цитозолем та ядром*	3	3	12
4	**Тема 4.** *Транспорт протеїнів до мітохондрій та хлоропластів*	3	3	12
5	**Тема 5.** *Пероксисоми та імпорт протеїнів*	2	2	8
6	**Тема 6.** *Роль ЕПР у транспорті протеїнів*	3	3	12
	Разом за змістовим модулем 2	***11***	***11***	***44***
	Змістовий модуль 3 *Механізми ендосомального транспорту*			
7	**Тема 7.** *Механізми ендосомального та внутрішньоклітинного транспорту. Покривні протеїни та адаптери*	3	3	12
8	**Тема 8.** *Регуляція напрямку мембранного транспорту за допомогою ГТФаз та SNARE-протеїнів*	2	2	8
	Разом за змістовим модулем 3	***5***	***5***	***21***
ВСЬОГО		**20**	**20**	**80**

Загальний обсяг **– *120*** *год.**(4 кредити ECTS)**, у* тому числі:
Лекцій **– *20*** *год.*
Практичні заняття – ***20*** *год.*
Самостійна робота **– *80*** *год.*

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Загальні принципи внутрішньоклітинного транспорту

ТЕМА 1. *ВНУТРІШНЬОКЛІТИННІ КОМПАРТМЕНТИ ТА СОРТУВАННЯ ПРОТЕЇНІВ* ***(12 год.)***

Лекція 1. *ВНУТРІШНЬОКЛІТИННІ КОМПАРТМЕНТИ ТА СОРТУВАННЯ ПРОТЕЇНІВ* ***(2 год)***

Практичне заняття 1 (2 год)

1. *Типи внутрішньоклітинного компартментів.*
2. *Механізми сортування білків.*
3. *Роль мембранного транспорту.*

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Функції основних клітинних органел в рослинних та тваринних клітинах та головні відмінності між ними.

Контрольні запитання та завдання

1. Типи ендомембранних утворень.
2. Типи органел за своїм еволюційним походженням.
3. Різниця та характеристики мембран основних типів клітинних органел.
4. Біологічне значення мембранного транспорту.
5. Особовості та типи міжорганельного транспорту.

Рекомендована література:

[1- 12]

ТЕМА 2. *ТИПИ ТРАНСПОРТНИХ МЕХАНІЗМІВ ВСЕРЕДИНІ КЛІТИНИ. СИГНАЛИ СОРТУВАННЯ (РОЗПІЗНАВАННЯ) ПРОТЕЇНІВ, ЩО ТРАНСПОРТУЮТЬСЯ. РЕЦЕПТОРНІ ПРОТЕЇНИ* ***(12 год.)***

Лекція 2. *ТИПИ ТРАНСПОРТНИХ МЕХАНІЗМІВ ВСЕРЕДИНІ КЛІТИНИ. СИГНАЛИ СОРТУВАННЯ (РОЗПІЗНАВАННЯ) ПРОТЕЇНІВ, ЩО ТРАНСПОРТУЮТЬСЯ. РЕЦЕПТОРНІ ПРОТЕЇНИ.* ***(2 год)***

Практичне заняття 2 (2 год)

1. *Типи внутрішньоклітинного транспорту.*
2. *Сигнальні механізми транспорту.*
3. *Рецептори.*

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Молекулярні посередники мембранного транспорту. Транслокатори протеїнів. Опис сигнальної послідовності та поняття сигнального патчу.

Контрольні запитання та завдання

1. Транспорт через ворота (Gated transport).
2. Типи мембранних воріт.
3. Механізми трансмембранного транспорту.
4. Везикулярний транспорт
5. Посередники мембранного транспорту
6. Типи рецепторних протеїнів
7. Механізми органельного розпізнавання та адресації протеїнів.
8. Типи сигналів сортування в протеїнах

Рекомендована література:

[1- 12]

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

Особливості внутрішньоклітинного транспорту між різними типами органел

ТЕМА 3. *МЕХАНІЗМИ ТРАНСПОРТУ МОЛЕКУЛ МІЖ ЦИТОЗОЛЕМ ТА ЯДРОМ* (***18 год.***)

Лекція 3. *МЕХАНІЗМИ ТРАНСПОРТУ МОЛЕКУЛ МІЖ ЦИТОЗОЛЕМ ТА ЯДРОМ.* ***(3 год)***

Практичне заняття 3 (3 год)

1. *Будова комплексу ядерних пор*
2. *Сигнал ядерної локалізації*
3. *Механізм ядерного експорту*
4. *Контроль експорту іРНК.*

Завдання для самостійної роботи (12 год.)

Функції та механізми роботи Ran ГТФази. Регуляція транспортного апарату ядра. Роль хроматину в транскрипції генів.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке ядерна пора?
2. Сигналінг та ядерне розпізнавання.
3. Транспортний апарат ядра.
4. Особливості роботи Ran ГТФази при клітинном транспорті.
5. Організація хроматину та робота генів.

Рекомендована література:

[1-12]

Тема 4. *ТРАНСПОРТ ПРОТЕЇНІВ ДО МІТОХОНДРІЙ ТА ХЛОРОПЛАСТІВ* **(*18 год.*)**

Лекція 4. *ТРАНСПОРТ ПРОТЕЇНІВ ДО МІТОХОНДРІЙ ТА ХЛОРОПЛАСТІВ* ***(3 год)***

Практичне заняття 4 (3 год)

1. *Механізм роботи комплексу ТОМ.*
2. *Механізм роботи комплексу ТІМ.*
3. *Роль транслокаторів ОХА.*

Завдання для самостійної роботи (12 год.)

Механізм імпорту мітохондріальних протеїнів. Транспорт протеїнів у внутрішню мембрану чи міжмембранний простір.

Контрольні запитання та завдання

1. Транспорт протеїнів у мітохондрії.
2. Імпорту мітохондріальних протеїнів.
3. Транспорт протеїнів у пластиди.
4. Транспорт у внутрішню мембрану чи міжмембранний простір.

Рекомендована література:

[1-12]

Тема 5. *ПЕРОКСИСОМИ ТА ІМПОРТ ПРОТЕЇНІВ*. ***(12 год.)***

Лекція 5. *ПЕРОКСИСОМИ ТА ІМПОРТ ПРОТЕЇНІВ.* ***(2 год)***

Практичне заняття 5 (2 год)

1. *Роль пероксисом у рослинних та тваринних клітинах.*
2. *Роль пероксисом в транспорті протеїнів.*

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Сигналінг та розпізнавання пероксисомних мембран.

Контрольні запитання та завдання

1. Головні функції пероксисом.
2. Властивості пероксисом у рослинних клітинах.
3. Властивості пероксисом у тваринних клітинах.
4. Механізми розпізнавння пероксисомної мембрани.

Рекомендована література:

[1-12]

ТЕМА 6. *РОЛЬ ЕПР У ТРАНСПОРТІ ПРОТЕЇНІВ* (***18 год.)***

Лекція 6. *РОЛЬ ЕПР У ТРАНСПОРТІ ПРОТЕЇНІВ*

Практичне заняття *6* ***(3 год)***

1. Типи протеїнів, що транспортуються у ЕПР.
2. Механізми імпорту протеїнів у ЕПР.
3. Сигнальний пептид розпізнавання.

4. Будова пори протеїну-транслокатора.

Завдання для самостійної роботи (12 год.)

Пакування (Folding) резидентних протеїнів ЕПР. Глікозилювання ЕПР протеїнів. Будівництво подвійного ліпідного шару мембрани ЕПР.

Контрольні запитання та завдання

1. Класифікація протеїнів, що транспортуються до ЕПР.
2. Механізми пакування (Folding) резидентних протеїнів ЕПР.
3. Механізм глікозилювання ЕПР протоїнів
4. Синтез та будівництво подвійного ліпідного шару.

Рекомендована література:

[1-12]

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

Механізми ендосомального транспорту

ТЕМА 7. *МЕХАНІЗМИ ЕНДОСОМАЛЬНОГО ТА ВНУТРІШНЬОКЛІТИННОГО ТРАНСПОРТУ. ПОКРИВНІ ПРОТЕЇНИ ТА АДАПТЕРИ* ***(18 год.)***

Лекція 7. *МЕХАНІЗМИ ЕНДОСОМАЛЬНОГО ТА ВНУТРІШНЬОКЛІТИННОГО ТРАНСПОРТУ. ПОКРИВНІ ПРОТЕЇНИ ТА АДАПТЕРИ* ***(3 год)***

Практичне заняття 7 (3 год)

1. *Класифікація ендосомальних транспортних шляхів.*
2. *Принципи везикулярного транспорту.*
3. *Різні типів покривів у везикулярному транспорті.*
4. *Роль внутрішньоклітинних компартментів у біосинтетичному та ендоцитозному шляхах.*

Завдання для самостійної роботи (12 год.)

Механізм збирання клатринових везикул. Структура клатринового покриву. Інші протеїни покриву клатринових везикул. Збирання та розбирання клатринового покриву. Регуляція процесів брунькування та видалення покриву з поверхні везикул. Роль динаміну в процесі відриву клатринової везикули від мембрани. COPI- та COPII-везикули.

Контрольні запитання та завдання

1. Структура мембрани клатринових везикул.
2. Механізми зборки та розбирання клатринового покриву.
3. Пошук нових генів, епігенетично сайленсованих при раку.
4. Регуляція процесів брунькування клатринових везикул.
5. Різниця між COPI- та COPII-везикулами.

Рекомендована література:

[1-12]

ТЕМА 8. *РЕГУЛЯЦІЯ НАПРЯМКУ МЕМБРАННОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГТФАЗ ТА SNARE-ПРОТЕЇНІВ* ***(12 год.)***

Лекція 8. *РЕГУЛЯЦІЯ НАПРЯМКУ МЕМБРАННОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГТФАЗ ТА SNARE-ПРОТЕЇНІВ* ***(2 год)***

Практичне заняття 8 (2 год)

1. Контроль збирання покриву везикул за допомогою мономерних ГТФаз.
2. Модель формування COPII-везикули.
3. Типи SNARE-протеїнів у клітині.
4 . Механізм взаємодії v-SNARE та t-SNARE.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Механізм роз'єднання комплексів SNARE-протеїни, що взаємодіють. Механізм дисоціація пар SNAR-протеїнів за допомогою NSF після злиття повного злиття мембран.

Контрольні запитання та завдання

1. Типи SNARE-протеїнів в клітинах рослин та ссавців.
2. Можливі механізми формування COPII-везикул.
3. Механізми злиття клітинних мембран.
4. Механізми дисоціації пар SNAR-протеїнів.

Рекомендована література:

[1-12]

Контроль знань і розподіл балів, які отримують здобувачі

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-2, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) – теми 3-6, у змістовий модуль 3 (ЗМ3) – теми 7-8 .

Види контролю - поточний і підсумковий.

Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять і має на меті перевірку засвоєння аспірантами навчального матеріалу. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять: усне опитування, письмовий контроль, тестовий, самооцінювання, перевірка практичних навичок.

Обов'язковим для заліку є відпрацювання всіх практичних занять. У випадку відсутності аспіранта, він може відпрацювати пропущене заняття у позааудиторний час (пропущених занять не може бути більше половини від загальної кількості занять).

Оцінювання за формами поточного контролю: ***Коефіцієнт 2,5***

	ЗМ1		***ЗМ2***		***ЗМ3***	
	Min – 6 балів	*Max –10 балів*	*Min – 12 балів*	*Max – 20 балів*	*Min – 6 балів*	*Max – 10 бали*
Усна відповідь	*„3" х 2 =6*	***„5"*** *х 2 =10*	*„3" х 4 = 12*	***„5"*** *х 4 = 20*	*„3" х 2 = 6*	***„5"*** *х 2 = 10*

„3”– мінімальна/максимальна оцінку, яку може отримати студент. [1]– мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань.

Для аспірантів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум* ***60*** *балів,* для здачі заліку обов’язкове проходження додаткового тестування.

Підсумковий контроль проводиться на останньому практичному занятті і складається із суми балів усіх змістових модулів.

При простому розрахунку отримаємо:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	Залік (підсумкова оцінка)
Мінімум	15	30	15	60
Максимум	**25**	**50**	**25**	**100**

При цьому, кількість балів:

- **1-34** відповідає оцінці «незадовільно» з обов’язковим повторним вивченням дисципліни;
- **35-39** відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- **40-60** відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- **61-69** відповідає оцінці «задовільно»;
- **70 - 80** відповідає оцінці «добре»;
- **81 - 89** відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- **90 - 100** відповідає оцінці «відмінно».

Шкала оцінювання академічної успішності аспіранта

Рівень досягнень, % /Marks, (бали за освітню діяльність)	Оцінка ЄКТС/ECTS	Оцінка за національною шкалою (Nationalgrade)	Залік
90 – 100	**A**	**відмінно** (Excellent)	**зараховано**
82 – 89	**B**	**добре** (Good)	
74 – 81	**C**		
64 – 73	**D**	**задовільно** (Satisfactory)	
60 – 63	**E**		
35 – 59	**FX**	**незадовільно** (Fail) з можливістю повторного складання	**незараховано**
1 – 34	**F**	**незадовільно** (Fail) з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	

Методи навчання

Методи навчання: пояснювально-ілюстративні, репродуктивний, проблемного викладу, частково-пошуковий, дослідницькі.

Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний Epson EMP-S42, 2 , рік введення в експлуатацію – 2004; ноутбук, екран, Zoom/Google Meet — сервіси для дистанційного навчання та он-лайн консультацій.

Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторна база Державної установи «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України».

Політики навчальної дисципліни

Рекомендації щодо роботи на курсі: брати активну участь у всіх формах роботи на заняттях, присвячувати 1-2 год. щодня виконанню самостійної роботи та підготовці до занять, задавати питання під час занять, вчасно здавати завдання та виконувати усі форми контролю.

Відвідування занять. Відвідування лекцій та практичних занять є обов'язковим. При спізненні на лекцію або практичне заняття більше ніж на 5 хвилин здобувач(ка) освіти можете бути не допущений(на) до заняття. Пропущені заняття відпрацьовуються відповідно до Положення про організацію освітнього процесу в аспірантурі Державної установи «Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України» https://ifbg.org.ua/uk/293/normatyvno-pravove-ta-metodychne-zabezpechennya-navchannya-v-aspiranturi

Академічна доброчесність. В ДУ «ІХБГ НАН України» дотримуються принципу нетерпимості («нульової толерантності») до порушень академічної доброчесності та етики академічних взаємовідносин. Будь-які порушення принципів академічної доброчесності тягнуть за собою відповідальність у встановленому в ДУ «ІХБГ НАН України» порядку https://ifbg.org.ua/uk/293/normatyvno-pravove-ta-metodychne-zabezpechennya-navchannya-v-aspiranturi

Використання електронних гаджетів та інструментів штучного інтелекту допускається лише з дозволу викладача.

Політика щодо осіб з особливими освітніми потребами. Здобувачі з особливими освітніми потребами мають зв'язатися з викладачем задля розробки індивідуальної освітньої траєкторії. Час відповіді викладача: 24 години.

Рекомендована література

Основна література:

1. Molecular Biology of the Cell 7th Edition / B. Alberts, R. Heald, A. Johnson, D. Morgan, M. Raff, K. Roberts, P. Walter, J. Wilson, T. Hunt. - W. W. Norton & Company, 2022. - 1552 p.
2. Біологічні мембрани та основи внутрішньоклітинної сигналізації. Теоретичні аспекти: навч. посіб. / Л. І. Остапченко, Т. Б. Синельник, І. В. Компанець. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2016. – 639 с.
3. Генетика: підручник / Сиволоб А. В., Рушковський С.Р., Кир'яченко С.С. та ін.; за ред. А.В. Сиволоба. – К.: Вид.-поліграф. центр «Київський ун-т», 2008.– 320 с.
4. Dabravolski SA, Isayenkov SV. (2025) Expansins in salt and drought stress adaptation: from genome-wide identification to functional characterisation in crops. – Plants. - 14 (9). – P. 1327.
5. Dabravolski SA, Isayenkov SV. (2024) The physiological and molecular mechanisms of silicon action in salt stress amelioration. – Plants. - 13 (4). – P. 525.
6. Isayenkov SV, Sekan AS, Sorochinsky BV, Blume YaB. (2015). Molecular aspects of endosomal cellular transport. Cytology and Genetics. - 49 (3). - P.192–205.
7. Ісаєнков С.В. (2014) Особливості органельного розпізнавання, везикулярного транспорту та фізіологічна роль рослинних вакуоль // Цитологія і генетика. – Т. 48.(2). – С. 71 – 82.
8. Isayenkov S, Isner JC, Maathuis FJ. (2011) Rice two-pore K^+ channels are expressed in different types of vacuoles // Plant Cell. 23, (2). - P.756-68.
9. Цитологія в питаннях і відповідях: навч. посіб. / Л. В. Васько, Л. І. Кіптенко, О. М. Гортинська, Н. Б. Гринцова. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 95 с.
10. Tokarev AA, Alfonso A, Segev N. Overview of Intracellular Compartments and Trafficking Pathways. In: Madame Curie Bioscience Database [Internet]. Austin (TX): Landes Bioscience; 2000-2013. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7286/
11. Donaldson J, Segev N. Regulation and Coordination of Intracellular Trafficking: An Overview. In: Madame Curie Bioscience Database [Internet]. Austin (TX): Landes Bioscience; 2000-2013. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7285/
12. Федоренко О.А., Марченко С.М. (2010) Спонтанно активні іонні канали мембран ядерної оболонки // Фізіолог. Журнал. -Т. 56. (5). – С. 95 – 105.

Додаткова:

1. Marty F.(1999) Plant vacuoles // Plant Cell. – 11. – P. 587–600.
2. Paris N., Stanley C.M., Jones R.L., Rogers J.C. (1996) Plant cells contain two functionally distinct vacuolar compartments // Cell. – 85. – P. 563–572.
3. Hinz G., Hillmer S., Baumer M., Hohl I. (1999) Vacuolar storage proteins and the putative vacuolar sorting receptor BP-80 exit the Golgi apparatus of developing pea cotyledons in different transport vesicles // Plant Cell. – 11. – P. 1509–1524.
4. Isayenkov S., Isner J.C., Maathuis F.J.M. (2011) Membrane localization diversity of TPK channels and their physiological role // Plant Signal Behav. – 6. – P. 1201–1204.
5. Un, K., Sakai-Kato, K., Oshima, Y., Kawanishi, T., & Okuda, H. (2012). Intracellular trafficking mechanism, from intracellular uptake to extracellular efflux, for phospholipid/cholesterol liposomes // Biomaterials. - 33(32), - P.8131–8141.
6. Isayenkov SV. (2013). The Tonoplast Trasport Systems of Plant Vacuoles and their Potential Application in Biotechnology. Biotechnologia Acta. 6, (3). P. 9 - 22.

7. Sanderfoot A.A., Ahmed S.U., Marty-Mazars D. et al. (1998) A putative vacuolar cargo receptor partially colocalizes with AtPEP12p on a prevacuolar compartment in Arabidopsis roots // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 95. – P. 9920–9925.
8. Dabravolski SA and Isayenkov SV (2023) The regulation of plant cell wall organisation under salt stress. Front. Plant Sci. 14:1118313. doi: 10.3389/fpls.2023.1118313 Sanderfoot A.A., Raikhel N.V. (1999) The specificity of vesicle trafficking : Coat proteins and SNAREs // Plant Cell.– 11. – P. 629–641.
9. Park J.H., Oufattole M., Rogers J.C. (2007) Golgi-mediated vacuolar sorting in plant cells: RMR proteins are sorting receptors for the protein aggregation/membrane internalization pathway // Plant Sci. – 172. – P. 728–745.
10. Sanmartin M., Ordonez A., Sohn E.J. et al.(2007) Divergent functions of VTI12 and VTI11 in trafficking to storage and lytic vacuoles in Arabidopsis // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 104. – P. 3645–3650.
11. Hillmer S., Mjvafechi A., Robinson D.G., Hinz G. (2001) Vacuolar storage proteins are sorted in the cis-cisternae of the pea cotyledon Golgi apparatus // J. Cell Biol. – 152. – P. 41–50.
12. Dabravolski SA, Isayenkov SV. (2025) Expansins in Salt and Drought Stress Adaptation: From Genome-Wide Identification to Functional Characterisation in Crops. // Plants. - 8;14(9):1327.