

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Державна установа

«ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕНОМІКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ДУ «ІХБГ НАН України»
академік НАН України

Я.Б.Блюм

наказ № 17 від 22 червня 2021 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВНУТРІШНЬОКЛІТИННИЙ ТРАНСПОРТ І СЕКРЕЦІЯ

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії
галузь знань 09 «Біологія»

спеціальність 091 «Біологія»

профіль підготовки «Біотехнологія»

КИЇВ – 2021

Робоча програма навчальної дисципліни «Внутрішньоклітинний транспорт і секреція»

для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія» за профілями підготовки «Біотехнологія», «Молекулярна генетика», «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

«22» червня 2021 року – 14 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 № 10 від «22» червня 2021 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

Я.Б.Блюм

16 червня 2021

© Ісаєнков С.В., 2021 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* 09 «Біологія» за *спеціальністю* 091 «Біологія» за *профілями підготовки* «Біотехнологія», «Молекулярна генетика», «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

Дана дисципліна є дисципліною за вибором аспіратів за *спеціальністю* 091 «Біологія».

Викладається у 4 семестрі II курсу аспірантури **в обсязі – 90 год. (3 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 16 год, практичні роботи – 14 год, самостійна робота – 60 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 аспірант повинен

знати:

- основні типи клітинних компартментів;
- головні типи транспортних механізмів всередині клітини, особливості секреції.

вміти:

- самостійно опрацьовувати наукову літературу, яка містить результати визначення механізмів біохімічних реакцій транспорту, що належать до того чи іншого транспортного шляху; інтерпретувати такі результати;
- оперувати термінологією, планувати дизайн експериментів, розробляти загальні стратегії досліджень;
- критично оцінювати результати досліджень, вміти прогнозувати протікання тих чи інших біохімічних реакцій всередині клітин;

- застосовувати методи транскриптоміки, молекулярної та клітинної біології для оцінки характеру транспортних процесів та секреції в окремих клітинах чи клітинних популяцій

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

Навчальна дисципліна «Внутрішньоклітинний транспорт і секреція» є навчальною дисципліною програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія» 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 такі обов'язкові дисципліни як «Молекулярна біологія», «Клітинна біологія», «Генетика», «Гістологія», «Геномна інженерія та синтетична біологія».

Навчальна дисципліна «Внутрішньоклітинний транспорт і секреція» є базовою для засвоєння знань та вмінь у системі професійної освітньо-наукової підготовки здобувачів вищої освіти ступеня кандидата філософії за спеціальністю 091 «Біологія» за профілем підготовки «Біотехнологія».

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Загальні принципи внутрішньоклітинного транспорту

Тема 1. Внутрішньоклітинні компартменти та сортування протеїнів **(11 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 послідовність та сигнальний патч.

Змістовий модуль 2. Особливості внутрішньоклітинного транспорту між різними типами органел

Тема 3. Механізми транспорту молекул між цитозолем та ядром (11 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 (11 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 (11 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 (11 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 (12 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 (11 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 SNARE-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 <i>Загальні принципи внутрішньоклітинного транспорту</i>				
1	Тема 1. <i>Внутрішньоклітинні компартменти та сортування протеїнів</i>	2		9
2	Тема 2. <i>Типи транспортних механізмів всередині клітини. Сигнали сортування (розпізнавання) протеїнів, що транспортуються. Рецепторні протеїни</i>	2	2	8
Разом за змістовим модулем 1		4	2	17
Змістовий модуль 2 <i>Особливості внутрішньоклітинного транспорту між різними типами органел</i>				
3	Тема 3. <i>Механізми транспорту молекул між цитозолем та ядром</i>	2	2	7
4	Тема 4. <i>Транспорт протеїнів до мітохондрій та хлоропластів</i>	2	2	7
5	Тема 5. <i>Пероксисоми та імпорт протеїнів</i>	2	2	7
6	Тема 6. <i>Роль ЕПР у транспорті протеїнів</i>	2	2	7
Разом за змістовим модулем 2		8	8	28
Змістовий модуль 3 <i>Механізми ендосомального транспорту</i>				
7	Тема 7. <i>Механізми ендосомального та внутрішньоклітинного транспорту. Покривні протеїни та адаптери</i>	2	2	8
8	Тема 8. <i>Регуляція напрямку мембранного транспорту за допомогою ГТФаз та SNARE-протеїнів</i>	2	2	7
Разом за змістовим модулем 3		4	4	15
ВСЬОГО		16	14	60

Загальний обсяг – **90 год.**(**3 кредити ECTS**), у тому числі:

Лекцій – **16 год.**

Практичні заняття – **14 год.**

Самостійна робота – **60 год.**

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Загальні принципи внутрішньоклітинного транспорту

ТЕМА 1. ВНУТРІШНЬОКЛІТИННІ КОМПАРТМЕНТИ ТА СОРТУВАННЯ ПРОТЕЇНІВ (11 год.)

Лекція 1. ВНУТРІШНЬОКЛІТИННІ КОМПАРТМЕНТИ ТА СОРТУВАННЯ ПРОТЕЇНІВ

Завдання для самостійної роботи (7 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 ти типи міжорганельного транспорту.

Рекомендована література:

[1- 9]

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.

Практичне заняття 1 (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- 9]

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

Особливості внутрішньоклітинного транспорту між різними типами органел

ТЕМА 3. МЕХАНІЗМИ ТРАНСПОРТУ МОЛЕКУЛ МІЖ ЦИТОЗОЛЕМ ТА ЯДРОМ (11 год.)

Лекція 3. МЕХАНІЗМИ ТРАНСПОРТУ МОЛЕКУЛ МІЖ ЦИТОЗОЛЕМ ТА ЯДРОМ.

Тема 3. Механізми транспорту молекул між цитозолем та ядром (11 год.)

Практичне заняття 2 (2 год)

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

Завдання для самостійної роботи (7 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:

[1-9]

Тема 4. ТРАНСПОРТ ПРОТЕЇНІВ ДО МІТОХОНДРІЙ ТА ХЛОРОПЛАСТІВ (11 год.)

Лекція 4. ТРАНСПОРТ ПРОТЕЇНІВ ДО МІТОХОНДРІЙ ТА ХЛОРОПЛАСТІВ

Практичне заняття 3 (2 год)

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

Завдання для самостійної роботи (7 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:

[1-9]

Тема 5. ПЕРОКСИСОМИ ТА ІМПОРТ ПРОТЕЇНІВ. (11 год.)**Лекція 5. ПЕРОКСИСОМИ ТА ІМПОРТ ПРОТЕЇНІВ.****Практичне заняття 4 (2 год)**

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

Завдання для самостійної роботи (7 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 розпізнавання пероксисомної мембрани.

Рекомендована література:

[1-9]

ТЕМА 6. РОЛЬ ЕПР У ТРАНСПОРТІ ПРОТЕЇНІВ (11 год.)**Лекція 6. РОЛЬ ЕПР У ТРАНСПОРТІ ПРОТЕЇНІВ****Практичне заняття 5 (2 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 (7 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 глікозилування ЕПР протоїнів
4. Синтез та будівництво подвійного ліпідного шару.

Рекомендована література:

[1-9]

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3.*Механізми ендосомального транспорту*

ТЕМА 7. МЕХАНІЗМИ ЕНДОСОМАЛЬНОГО ТА ВНУТРІШНЬОКЛІТИННОГО ТРАНСПОРТУ. ПОКРИВНІ ПРОТЕЇНИ ТА АДАПТЕРИ (12 год.)

Лекція 7. МЕХАНІЗМИ ЕНДОСОМАЛЬНОГО ТА ВНУТРІШНЬОКЛІТИННОГО ТРАНСПОРТУ. ПОКРИВНІ ПРОТЕЇНИ ТА АДАПТЕРИ

Практичне заняття 6 (2 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 (8 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. СОРІ- та СОРІІ-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 СОРІ- та СОРІІ-везикулами.

Рекомендована література:

[1-9]

ТЕМА 8. РЕГУЛЯЦІЯ НАПРЯМКУ МЕМБРАННОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГТФАЗ ТА SNARE-ПРОТЕЇНІВ (11 год.)

Лекція 8. РЕГУЛЯЦІЯ НАПРЯМКУ МЕМБРАННОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГТФАЗ ТА SNARE-ПРОТЕЇНІВ

Практичне заняття 7 (2 год)

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

Завдання для самостійної роботи (7 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 СОПІІ-везикул.
3. Механізми злиття клітинних мембран.
4. Механізми дисоціації пар SNAR-протеїнів.

Рекомендована література:

[1-9]

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 студентами 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 2,8**

	ЗМ1		ЗМ2		ЗМ3	
	<i>Min – 5 балів</i>	<i>Max – 9 балів</i>	<i>Min – 20 балів</i>	<i>Max – 36 балів</i>	<i>Min – 10 балів</i>	<i>Max – 18 балів</i>
Усна відповідь	<i>„3” x 1 = 3</i>	<i>„5” x 1 = 5</i>	<i>„3” x 4 = 12</i>	<i>„5” x 4 = 20</i>	<i>„3” x 2 = 6</i>	<i>„5” x 2 = 10</i>
Доповнення	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Виступ	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<p><i>„3” – мінімальна/максимальна оцінку, яку може отримати студент.</i> <i>1 – мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань.</i></p>						

Для студентів, 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:

Коефіцієнт 2,8

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	Залік (підсумкова оцінка)
Мінімум	5	20	10	60
Максимум	9	36	18	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)
90 – 100	A	відмінно (Excellent)
82 – 89	B	добре (Good)
74 – 81	C	
64 – 73	D	
60 – 63	E	задовільно (Satisfactory)
35 – 59	FX	незадовільно (Fail) з можливістю повторного складання
1 – 34	F	незадовільно (Fail) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, частково-пошукові, проблемного викладання матеріалу, дослідницькі.

Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний Epson EMP-S42; ноутбук.

Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторія клітинної біології та нанобіотехнології.

Рекомендована література

Основна література:

1. 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.
2. 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.
3. Ісаєнков С.В. Особливості органельного розпізнавання, везикулярного транспорту та фізіологічна роль рослинних вакуоль // Цитологія і генетика. – 2014. – Т. 48. – № 2. – С. 71 – 82.
4. 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.
5. Федоренко О.А., Марченко С.М. Спонтанно активні іонні канали мембран ядерної оболонки // Фізіолог. Журнал. – 2010. – Т. 56. – № 5. – С. 95 – 105.
6. Бураков А.В. Цитоскелет как система путей внутриклеточного транспорта в клетках животных. Автореф. дисс.... доктора биологических наук, Москва – 2014. – 40 с.
7. Минин А.А., Кулик А.В. Внутриклеточный транспорт. Принципы регуляции // Принципы регуляции. Успехи биологической химии – 2004. – Т. 44. – С. 225 – 262.
8. Розенкранц А.А., Лунин В.Г., Сергиенко О.В., Гилязова Д.Г., Воронина О.Л., Янс Д.Э., Кофнер А.А., Шумянцева М.А., Миронов А.Ф., Соболев А.С. Направленная внутриклеточная доставка локально действующих лекарств: специфическая доставка фотосенсибилизаторов в ядра клеток меланомы // Генетика – 2003. – Т. 39. – С. 259-268.
9. Соболев А.С., Розенкранц А.А., Ахлынина Т.В. Направленный внутриклеточный транспорт фотосенсибилизаторов // Росс. хим. журнал – 2004. – Т. 42. – С. 84-88.

Додаткова:

1. Marty F. Plant vacuoles // *Plant Cell*. – 1999. – 11. – P. 587–600.
2. Paris N., Stanley C.M., Jones R.L., Rogers J.C. Plant cells contain two functionally distinct vacuolar compartments // *Cell*. – 1996. – 85. – P. 563–572.
3. Hinz G., Hillmer S., Baumer M., Hohl I. 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*. – 1999. – 11. – P. 1509–1524.
4. Isayenkov S., Isner J.C., Maathuis F.J.M. Rice twopore K⁺ channels are expressed in different types of vacuoles // *Plant Cell*. – 2011. – 23. – P. 756–768.
5. Isayenkov S., Isner J.C., Maathuis F.J.M. Membrane localization diversity of TPK channels and their physiological role // *Plant Signal Behav.* – 2011. – 6. – P. 1201–1204.
6. Sanderfoot A.A., Ahmed S.U., Marty-Mazars D. et al. A putative vacuolar cargo receptor partially colocalizes with AtPEP12p on a prevacuolar compartment in *Arabidopsis* roots // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. – 1998. – 95. – P. 9920–9925.
7. Sanderfoot A.A., Raikhel N.V. The specificity of vesicle trafficking : Coat proteins and SNAREs // *Plant Cell*. – 1999. – 11. – P. 629–641.

8. Park J.H., Oufattole M., Rogers J.C. Golgi-mediated vacuolar sorting in plant cells: RMR proteins are sorting receptors for the protein aggregation/membrane internalization pathway // *Plant Sci.* – 2007. – 172. – P. 728–745.
9. Sanmartin M., Ordonez A., Sohn E.J. et al. Divergent functions of VTI12 and VTI11 in trafficking to storage and lytic vacuoles in *Arabidopsis* // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* – 2007. – 104. – P. 3645–3650.
10. Hillmer S., Mjvafechi A., Robinson D.G., Hinz G. Vacuolar storage proteins are sorted in the cis-cisternae of the pea cotyledon Golgi apparatus // *J. Cell Biol.* – 2001. – 152. – P. 41–50.
11. Toyooka K., Okamoto T., Minamikawa T. Mass transport of proform of a KDEL-tailed cysteine proteinase (SH-EP) to protein storage vacuoles by endoplasmic reticulum-derived vesicle is involved in protein mobilization in germinating seeds // *J. Cell Biol.* – 2000. – 148. – P. 453–464.