

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор з науково-педагогічної роботи

\_\_\_\_\_ А.В. Пантелеймонов

Робоча програма навчальної дисципліни

**Внутрішньоклітинні сигнальні системи і механізми адаптивності  
рослин та мікроорганізмів**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 09 Біологія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

спеціальність \_\_\_\_\_ 091 Біологія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

освітня програма \_\_\_\_\_ Біологія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни \_\_\_\_\_ за вибором \_\_\_\_\_  
обов'язкова / за вибором

факультет \_\_\_\_\_ біологічний \_\_\_\_\_

2019 / 2020 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету

19 червня 2019 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Колупаєв Ю.Є., доктор біологічних наук, професор кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів

Програму схвалено на засіданні кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів

Протокол від 14 червня 2019 року, № 21

В.о. завідувача кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В.Ф. Тимошенко

Програму погоджено науково-методичною комісією біологічного факультету

Протокол від 18 червня 2019 року, № 11

Голова науково-методичної комісії біологічного факультету

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В.В. Мартиненко

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Внутрішньоклітинні сигнальні системи і механізми адаптивності рослин та мікроорганізмів” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

перший (бакалаврський)

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності 091 Біологія

спеціалізації \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни – сформувати у студентів систему знань з питань механізмів рецепції, внутрішньоклітинного сигналіngu та адаптації у рослин і мікроорганізмів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни – вивчення загальної організації системи внутрішньоклітинного сигналіngu рослин, типів внутрішньоклітинних сигнальних механізмів, структури, властивостей і особливостей функціонування основних груп компонентів клітинного сигналіngu, механізмів рецепції та трансдукції сигналів і формування адаптивних реакцій на стресові чинники.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
4-й	4-й
Семестр	
8-й	8-й
Лекції	
16 год.	14 год.
Практичні, семінарські заняття	
8 год.	6 год.
Лабораторні заняття	
0 год.	0 год.
Самостійна робота	
96 год.	100 год.
Індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання – при подальшому навчанні і професійній діяльності бути здатними осмислювати нову інформацію в контексті набутих знань про внутрішньоклітинні сигнальні механізми, структуру компонентів сигналіngu та механізми їхньої взаємодії, значення сигнальних механізмів у прояві фізіологічних характеристик організму, зокрема, здатності до адаптації, бути готовими до освоєння нових методів дослідження сигнальної мережі; знати спектр сучасних проблем фізіології стресу і адаптації рослин, вміти планувати і проводити експерименти із з’ясування механізмів адаптації рослин до несприятливих чинників середовища та з впливу на сигнальні системи з метою підвищення стійкості організмів.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### **Розділ 1. Принципи функціонування внутрішньоклітинних сигнальних механізмів**

**Тема 1. Феномен передавання сигналу у клітині.** Рівні регуляції рослинного організму. Клітина як система, що сама регулюється. Клітинний рівень: ферментативна, генетична та мембранна регуляції. Способи передачі інтраклітинних сигналів. Сприйняття сигналу: зв'язування за рахунок комплементарних поверхонь, ковалентна модифікація, змінення мікрооточення (концентрації іонів, рН, ліпідного складу мембран). Зміна конформації та зміна властивостей компонентів сигнальних систем – основа передачі сигналу. Значення процесів транскрипції та трансляції у трансдукції сигналу. Каскадні механізми. Швидкі та повільні реакції.

**Тема 2. Структура і властивості сигнальних механізмів.** Компоненти внутрішньоклітинної сигнальної системи: рецептори, ефектори, вторинні месенджери, кінцеві мішені. Посилюючий ефект у передачі сигналу.

Типи сигнальних механізмів. Активація, репресія, дерепресія. Направлена деградація білків – убіквітинування білків та їх деградація 26S-протеосоמוю.

### **Розділ 2. Рецепція сигналів.**

**Тема 3. Лиганд-зв'язуючі рецептори.** Загальна характеристика лиганд-зв'язуючих рецепторів. Первинні месенджери. Афіність рецептора до лиганда. Локалізація рецепторів. Рецептори, які характерні для рослин і тварин. Зовнішні рецептори. Рецептор-подібні серин/треонінові кинази (рецептори брасиностероїдів та пептидних гормонів). Рецептори та корецепторні молекули. Рецепторні тирозинкинази – нетипові для рослин. Структура, механізм рецепції та передачі сигналу. Гистидинові кинази та двокомпонентні сигнальні системи. Структура гистидинових киназ та регуляторів відповіді. Багатошагові двокомпонентні сигнальні системи. Серпентинові рецептори. Рецептори-каналоформери. Ацетилхолінові нікотинові рецептори. Внутрішньоклітинні рецептори: F-бокс рецептори, гормон-чутливі ліпази, START-домен рецептори. Ядерні рецептори тварин (рецептори стероїдних гормонів). Значення шаперонів у функціонуванні ядерних рецепторів. Цитоплазматичні мембранні рецептори.

**Тема 4. Рецепція зовнішнього сигналу клітиною.** Рецепція температури. Типи світлових рецепторів. UV-рецептори, фототропіни, криптохроми, фітохроми. Структура, механізми активації та розмаїття світлових рецепторів.

### **Розділ 3. Передача сигналу всередині клітини.**

**Тема 5. G-білки.** Посередники рецепторів та ефекторних молекул. Гетеротримірні та мономірні (або малі) G-білки. Розмаїття та властивості G-білків. Цикл активації G-білків.

**Тема 6. Ефекторні молекули та вторинні месенджери.** Аденілатциклаза та cAMP. Фосфоліпази, їх типи та класифікація. Фосфоліпаза D. Значення фосфатидної кислоти у укцітрансдї сигналу. Фосфоліпаза C. Діацилгліцерол, інозитол-1,4,5-трифосфат. Фосфоліпази A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> та B. Ейкозаноїди – продукти метаболізації високоненасичених жирних кислот. Жасмонати.

Оксид азоту NO – типовий вторинний месенджер, що має загальнобіологічне значення. Шляхи утворення та властивості NO. NO-синтаза та нітрат-редуктаза. Вплив NO на рослини.

**Тема 7. Йони Ca<sup>2+</sup> у системі трансдукції сигналу.** Розподілення кальцію всередині та зовні клітині. Значення активного екстраклітинного транспорту для підтримання внутріклітинної концентрації кальцію. Ca<sup>2+</sup>-АТРази РМ-типа та ER-типа. Індуковане поступлення кальцію до цитоплазми. Потенціал-керовані та рецептор-керовані Ca<sup>2+</sup>-канали. Рецептор інозитол-трифосфату. Ca<sup>2+</sup>-связуючі білки. EF-мотив (EF-рука) – Ca<sup>2+</sup>-связуючий центр. Кальмодулін.

**Тема 8. Механізми передавання сигналів рослинних гормонів.** Регуляція транскрипції ауксин-регульованих генів. Регулятори транскрипції ауксин-регульованих генів та їхня доменна структура. Участь Aux/IAA і ARF у регуляції експресії ауксин-регульованих генів. Передача цитокінінового сигналу. Трансдукція гіберелінового сигналу. Передача сигналу АБК через START-домен рецептори. Сприйняття та трансдукція етиленового сигналу. Рецепція та трансдукція брасиностероїдного сигналу.

### **Розділ 4. Механізми адаптації**

**Тема 9. Неспецифічні механізми адаптації рослин і мікроорганізмів.** Активація сигнальної мережі за дії стресорів. Роль антиоксидантної системи в адаптації. Стресові білки. Низькомолекулярні протектори.

**Тема 10. Специфічні механізми адаптації рослин і мікроорганізмів.** Особливості адаптації до гіпо- і гіпертермії, зневоднення, сольового стресу, гіпоксії, впливу ксенобіотиків.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	сп	л		п	лаб	інд	сп	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Принципи функціонування внутрішньоклітинних сигнальних механізмів</b>												
Тема 1. Феномен передавання сигналу у клітині	12	1	1			10	12	1				11
Тема 2. Структура і властивості сигнальних механізмів	12	1	1			10	12	1	1			10
Разом за розділом 1	24	2	2			20	24	2	1			21
<b>Розділ 2. Рецепція зовнішнього сигналу клітиною</b>												
Тема 3. Рецепція зовнішнього сигналу клітиною. Лиганд-зв'язуючі рецептори	12	2	1			9	12	1				11
Тема 4. Рецептори фізичних чинників	12	2	1			9	12	1	1			10
Разом за розділом 2	24	4	2			18	24	2	1			21
<b>Розділ 3. Передача сигналу всередині клітини</b>												
Тема 5. G-білки	12	1	1			10	12	1				11
Тема 6. Ефекторні молекули та вторинні месенджери	12	1	1			10	12	1	1			10
Тема 7. Йони Ca <sup>2+</sup> у системі трансдукції сигналу	12	2	1			9	12	2	1			9
Тема 8. Механізми передавання сигналів рослинних гормонів	12	2	0			10	12	2				10
Разом за розділом 3	48	6	3			39	48	6	2			40
<b>Розділ 4. Механізми адаптації</b>												
Тема 9. Неспецифічні механізми адаптації рослин і мікроорганізмів	12	2				10	12	2				10
Тема 10. Специфічні механізми адаптації рослин і мікроорганізмів.	12	2	1			9	12	2	2			8
Разом за розділом 4	24	4	1			19	24	4	2			18
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>16</b>	<b>8</b>			<b>96</b>	<b>120</b>	<b>14</b>	<b>6</b>			<b>100</b>

## 4. Теми практичних занять

№ з/п	Тема заняття	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1.	Феномен передавання сигналу у клітині	1	
2.	Структура і властивості сигнальних механізмів	1	1
3.	Рецепція зовнішнього сигналу клітиною. Лиганд-зв'язуючі рецептори	1	
4.	Рецептори фізичних чинників	1	1
5	G-білки	1	
6	Ефекторні молекули та вторинні месенджери	1	1
7	Йони Ca <sup>2+</sup> у системі трансдукції сигналу	1	1
8	Специфічні механізми адаптації рослин і мікроорганізмів	1	2
	<b>Разом</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

## 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Феномен передавання сигналу у клітині. Способи передачі інтраклітинних сигналів.	8	8
2	Значення процесів транскрипції та трансляції у трансдукції сигналу. Каскадні механізми. Швидкі та повільні реакції.	8	10
3	Компоненти внутрішньоклітинної сигнальної системи. Посилюючий ефект у передачі сигналу.	8	8
4	Типи сигнальних механізмів.	8	10
5	Загальна характеристика лиганд-зв'язуючих рецепторів.	6	6
6	Рецептор-подібні серин/треонінові кинази (рецептори брасиностероїдів та пептидних гормонів).	3	3
7	Гистидинові кинази та двокомпонентні сигнальні системи.	3	3
8	Світлові рецептори. Фототропіни	3	3
9	Світлові рецептори. Криптохроми	3	3
10	Світлові рецептори. Фітохроми	3	3
11	Гетеротримірні та мономірні G-білки. Структура та цикл активації G-білків.	6	6
12	Ефекторні молекули та вторинні месенджери. Аденілатциклаза та cAMP.	6	6
13	Фосфоліпази, їх типи та значення у трансдукції сигналу. Фосфоліпази C і D.	3	4
14	Фосфоліпаза A <sub>2</sub> . Оксиліпіни, жасмонати.	3	3
15	Ковалентна модифікація сигнальних посередників. Протеїнкінази у трансдукції сигналу	3	3
16	Фосфопротеїнфосфатази у трансдукції сигналу.	3	3
17	Стресові білки	5	4
18	Низькомолекулярні протектори	5	5
19	Адаптація до гіпоксії	4	4
20	Особливості адаптації до впливу ксенобіотиків	5	5
	<b>Разом</b>	<b>96</b>	<b>100</b>

## 6. Індивідуальні завдання

Навчальним планом не передбачені.

## 7. Методи контролю

**Самоконтроль.** Навчальний посібник містить перелік питань для самопідготовки і самоконтролю, який студенти можуть здійснювати, використовуючи теоретичний матеріал посібника.

**Поточний контроль.** Програма передбачає наступні форми поточного контролю:

- усне опитування: здійснюється впродовж семінарських занять з метою контролю засвоєння теоретичних положень щодо теми, яка обговорюється;

- доповідь: призначена для контролю та формування здатності студентів узагальнювати набуті знання та отриману самостійно інформацію за обраною темою з даного курсу.

- теоретична контрольна робота: передбачає письмову відповідь на поставлене теоретичне питання.

**Підсумковий контроль.** Екзамен у письмовій формі, що передбачає письмову відповідь на поставлені теоретичні питання.

## 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання										Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1		Розділ 2		Розділ 3				Розділ 4					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	10	60	40	100
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				

T1, T2 ... – теми розділів

## Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Джамсєв В.Ю. Механізми рецепції та внутрішньоклітинного сигналінгу у рослин: навчальний посібник. – Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2016. – 208 с.
2. Колупаєв Ю.Е., Карпец Ю.В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. – К.: Основа, 2010. – 352 с.
3. Колупаєв Ю.Є. Основи фізіології стійкості рослин. – Х., 2010. -122 с.
4. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М., 2010. – 638 с.

### Допоміжна література

1. Зинченко В.П., Долгачева Л.П. Внутриклеточная сигнализация. – Пушино: Электронное издательство «Аналитическая микроскопия», 2003. – 84 с.
2. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. – М.: Наука, 2002. – 294 с.

3. Крутецкая З. И. Механизмы внутриклеточной сигнализации : монография. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2003. – 208 с.
4. Кулаева О. Н. Восприятие и преобразование гормонального сигнала у растений / // Физиология растений. – 1995. – Т. 42, № 5. – С. 661–671.
5. Ломоватская Л. А. Аденилатциклазная сигнальная система растений / Л. А. Ломоватская, А. С. Романенко, Н. В. Филинова, О. В. Рыкун // Вісник Харківського Національного аграрного університету. Сер. : Біологія. – 2011. – Вип. 2 (23). – С. 6–24.
6. Лыло В. В. Убиквитинирование протеинов и его функции в клетке // Укр. біохім. журн. – 2010. – Т. 82, № 6. – С. 5–13.
7. Новикова Г. В. В начале пути: восприятие АБК и передача ее сигнала у растений / Г. В. Новикова, Н. С. Степанченко, А. В. Носов, И. Е. Мошков // Физиологии растений. – Т. 56, № 6. – 2009. – С. 806–823.
8. Сорокин А. В. Протеасомная система деградации и процессинга белков / А. В. Сорокин, Е. Р. Ким, Л. П. Овчинников // Успехи биологической химии. – 2009. – Т. 49. – С. 3–76.

## **9. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

### **Інтернет-ресурси**

1. <http://fizrast.ru/>
2. <http://ellibrary.ru/>
3. <http://molbiol.ru/>

### **Інше методичне забезпечення**

1. Мультимедійні презентації до курсу лекцій
2. Методичні рекомендації для лабораторних робіт з курсу «Фізіологія стійкості рослин» /Укладачі Колупаєв Ю.Є., Карпець, Ю.В., Швиденко М.В. – Х., 2010. – 20 с.