

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

ЗАТВЕРДЖЕНО

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
“21” травня 2026 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
КЛІТИННИЙ СИГНАЛІНГ**

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

спеціальність G21 «Біотехнології та біоінженерія»

освітня програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Розробник: *Бойко Ольга Анатоліївна*, д.б.н., доцент, доцент кафедри фізіології,
біохімії рослин та біоенергетики

Київ – 2026 р.

Опис навчальної дисципліни «Клітинний сигналінг»

Сучасні дослідження фізіолого-біоімічних функцій організму тісно пов'язані з вивченням механізмів сприйняття і внутрішньоклітинної передачі різних сигналів. Знання щодо принципів формування відповідної реакції клітини на дію екстра клітинних сигналів є особливо важливим для розвитку уявлень про регуляцію функціональної та метаболічної активності клітин. Водночас, це необхідно для глибшого розуміння суті онтогенезу, особливостей взаємодії організмів з навколишнім середовищем і хімічної природи різноманітних біологічних функцій живих об'єктів. Дисципліна систематизує основні відомості про принципи внутрішньоклітинної сигналізації рослин. Детально описані структура, властивості і особливості функціонування компонентів внутрішньоклітинних сигнальних систем рослин, механізми рецепції і трансдукції зовнішніх сигналів.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень		
Освітній ступінь	Магістр	
Спеціальність	G21 «Біотехнології та біоінженерія»	
Освітня програма	Екологічна біотехнологія та біоенергетика	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	-	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма здобуття вищої освіти	заочна форма здобуття вищої освіти
Курс (рік підготовки)	2	-
Семестр	1	-
Лекційні заняття	20 год.	-
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	30 год.	-
Самостійна робота	100 год.	-
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	5 год.	-

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни «Клітинний сигналінг» - освоїти фізіолого-біохімічні функції організму, які пов'язані з сприйняттям і внутрішньоклітинною передачею різних сигналів. Систематизувати основні відомості про принципи внутрішньоклітинної сигналізації рослин. Детально зв'язувати структуру,

властивості і особливості функціонування компонентів внутрішньоклітинних сигнальних систем рослин, механізми рецепції і трансдукції зовнішніх сигналів.

Перелік навчальних дисциплін, які передують вивченню «Клітинний сигналінг»:

ОК6 Біотехнологія рослин та біоінженерія;

ОК8 Інструментальні методи аналізу;

ОК11 Промислові технології біологічно активних сполук.

Завдання курсу полягає в вивченні сучасних принципів формування реакції клітини на дію екстра клітинних сигналів, що є важливим для розвитку уявлень про регуляцію функціональної та метаболічної активності клітин. Водночас, це є необхідним для глибшого розуміння суті онтогенезу, особливостей взаємодії організмів з навколишнім середовищем і хімічної природи різноманітних біологічних функцій живих об'єктів.

Вивчити поліфункціональність більшості сигнальних посередників, їх участь у фізіологічних процесах детально не розглядаються.

Освоїти відомості про механізми рецепції і сигналінгу у рослин, і, можливо, не дасть абсолютно усіх відповідей, проте може стати початком засвоєння все ще мало вивченої області біології – механізмів рецепції і сигналінгу у рослин.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- методи фізіолого-біохімічних функцій організму для вивчення механізмів сприйняття і внутрішньоклітинної передачі різних сигналів;
- основні відомості про принципи внутрішньоклітинної сигналізації рослин;
- властивості і особливості функціонування компонентів внутрішньоклітинних сигнальних систем рослин;
- механізми рецепції і трансдукції зовнішніх сигналів;

вміти:

- обґрунтувати принципи формування відповідної реакції клітини на дію екстра клітинних сигналів, що є особливо важливим для розвитку уявлень про регуляцію функціональної та метаболічної активності клітин;
- обґрунтувати на поліфункціональність більшості сигнальних посередників, їх участь у фізіологічних процесах детально не розглядаються;
- обґрунтувати механізми рецепції і сигналінгу у рослин.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК): здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у біотехнології, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інноваційних біотехнологічних науково-технічних розробок, характеризується невизначеністю умов і вимог.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

СК07. Здатність захищати інтелектуальну власність, зокрема патентувати винаходи у біотехнології.

СК09. Здатність відбирати та аналізувати релевантні дані, у тому числі за допомогою сучасних методів аналізу даних і спеціалізованого програмного забезпечення.

СК14. Здатність прогнозувати напрямки розвитку сучасної біотехнології в контексті загального розвитку науки і техніки.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПР01. Вміти здійснювати патентний пошук, знаходити та обробляти необхідну науково-технічну інформацію; самостійно скласти заявку на винахід.

ПР04. Вміти обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проектів.

ПР09. Вміти розробляти, обґрунтовувати та застосовувати методи та засоби захисту людини та навколишнього середовища від небезпечних факторів техногенного та біологічного походження.

2. Програма та структура навчальної дисципліни «Клітинний сигналінг».

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	Денна форма							Заочна форма					
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
			л	с.з.	Лаб	інд	с.р.		л	с.з.	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Змістовий модуль 1. Значення, структура та принципи функціонування сигнальних систем клітин													
Тема 1. Структура та принципи функціонування сигнальних систем клітин.	1	15	2		3		10						
Тема 2. Компоненти сигнальних систем.	2	15	2		3		10						
Тема 3. Сутність передачі сигналу.	3	15	2		3		10						
Тема 4. Типи рецепторів клітинного сигналінгу.	4	15	2		3		10						
Тема 5. Передача сигналу всередині клітини.	5	15	2		3		10						
Разом за змістовим модулем 1		75	10		15		50						
Змістовий модуль 2. Сигнальні механізми рослинних клітин													
Тема 1. Загальна характеристика клітинних рецепторів.	6	15	2		3		10						
Тема 2. Внутрішньоклітинні рецептори.	7	15	2		3		10						
Тема 3. Світлові рецептори.	8	15	2		3		10						
Тема 4. Стресовий	9	15	2		3		10						

сигналінг у рослин.													
Тема 5. Механізми передачі сигналів рослинних гормонів.	10	15	2		3		10						
Разом за змістовим модулем 2		75	10		15		50						
Всього		150	20		30		100						

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Структура та принципи функціонування сигнальних систем клітин.	2
2	Компоненти сигнальних систем.	2
3	Сутність передачі сигналу.	2
4	Типи рецепторів клітинного сигналінгу.	2
5	Передача сигналу всередині клітини.	2
6	Загальна характеристика клітинних рецепторів.	2
7	Внутрішньоклітинні рецептори.	2
8	Світлові рецептори.	2
9	Стресовий сигналінг у рослин.	2
10	Механізми передачі сигналів рослинних гормонів.	2
Всього годин		20

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Вивчити компоненти сигнальної системи рослинних клітин.	6
2	Вивчити шляхи утворення та трансдукції сигналу і АФК.	6
3	Оцінити циркадні ритми рослин, механізми сприйняття світла.	6
4	Вивчити фітогормони, рецепція і транспортування.	6
5	Дослідити механізм дії цитокініну.	6
Всього годин		30

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Компоненти сигнальних систем	4
2	Сутність передачі сигналу	4
3	Транскрипційний каскад	4
4	Типи сигнальних механізмів	4
5	Дерепресорні сигнальні механізми	4
6	Система убіквітин-опосередкованої деградації білків	4
7	Структурно-функціональні особливості рецепторів	4
8	Ліганд-зв'язуючі рецептори	4

9	G-білок сполучені рецептори (GPCR)	4
10	Рецептор-подібні кінази	4
11	Рецептори-каналоформери	4
12	Внутрішньоклітинні рецептори	4
13	Світлові рецептори. Криптохроми. Фітохроми	4
14	Сигнальні мономерні G-білки	4
15	Ефекторні молекули та вторинні месенджери	4
16	Фосфоліпази	4
17	Оксид азоту (II) та NO-сигналінг	4
18	Нуклеотидциклазні сигнальні системи	4
19	Іони кальцію в системі передачі сигналу	4
20	Ковалентна модифікація сигнальних посередників	4
21	Регуляція транскрипції ауксин-регульованих генів	4
22	Передача цитокінінового сигналу	4
23	Трансдукція гіберелінового сигналу	4
24	Передача сигналу АБК через START-домен рецептори	4
25	Сприйняття та трансдукція етиленового сигналу	2
26	Рецепція та трансдукція брасиностероїдного сигналу	2
Всього годин		100

6. Засоби діагностики результатів навчання:

- екзамен;
- модульні тести;
- реферати;
- розрахункові та розрахунково-графічні роботи;
- захист лабораторних та практичних робіт.

7. Методи навчання:

- словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо);
- практичний метод (лабораторні, практичні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);
- індивідуальна науково-дослідна робота здобувачів вищої освіти.

8. Оцінювання результатів навчання.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України».

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
---------------------------	---------------------	------------

Змістовний модуль 1. Значення, структура та принципи функціонування сигнальних систем клітин		
Лабораторна робота 1.	ПРН01, ПРН04, ПРН14	10
Лабораторна робота 2.		10
Лабораторна робота 3.		10
Самостійна робота		40
Модульна контрольна робота		30
Всього за модулем 1		100
Змістовний модуль 2. Сигнальні механізми рослинних клітин		
Лабораторна робота 4.	ПРН01, ПРН04, ПРН14	20
Лабораторна робота 5.		20
Самостійна робота		30
Модульна контрольна робота		30
Всього за модулем 2		100
Навчальна робота	$(M1 + M2)/2 * 0,7 \leq 70$	Навчальна робота
Екзамен/залік	30	Екзамен/залік
Всього за курс	$(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100$	Всього за курс

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності	Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

9. Навчально-методичне забезпечення

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБІП України eLearn – <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=3088>)
- конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Скляр В. Г. Екологічна фізіологія рослин [Електронний ресурс] / В. Г. Скляр, Ю. А. Злобін / за ред. Ю. Л. Злобіна. - Суми : Університетська книга, 2020. - 271 с.
2. Джамеєв В. Ю. Механізми рецепції та внутрішньоклітинного сигналіngu у рослин : навчальний посібник - Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. — 208 с.
3. Колупаєв Ю.Є. К 61 Основи фізіології стійкості рослин: Курс лекцій. – Харків, 2021. – 121 с.
4. Najimi M, Berardis S, El-Kehdy H, Rosseels V, Evraerts J, Lombard C, et al. Human liver mesenchymal stem/progenitor cells inhibit hepatic stellate cell activation: in vitro and in vivo evaluation. *Stem Cell Res Ther.* 2021 Jun 5;8(1):131. doi: 10.1186/s13287-017-0575-5.
5. Nordgren TM, Bailey KL, Heires AJ, Katafiasz D, Romberger DJ. Effects of agricultural organic dusts on human lung-resident mesenchymal stem (stromal) cell function. *Toxicol Sci.* 2021;162(2):635-44.
6. Thakkar U, Trivedi H, Vanikar A, Dave S. Insulin-secreting adipose derived mesenchyma stromal cells with bone marrow-derived hematopoietic stem cells from autologous and allogenic sources for type 1 diabetes mellitus. *Cytotherapy.* 2022 Jul;17(7):940-7.
7. Zebisch A, Czernilofsky AP, Keri G, Smigelskaite J, Sill H, Troppmair J. Signaling through RAS-RAF-MEK-ERK: from basics to bedside *Curr Med Chem.* 2023;14(5):601-23.
8. Whitmarsh AJ. *Biochim Biophys Acta.* 2006 Nov 17; Regulation of gene transcription by mitogen-activated protein kinase signaling pathways. 15. Bardwell L. Mechanisms of MAPK signalling specificity. *Biochem Soc Trans.* 2020 Nov; 34(Pt 5):837-41.
9. Birnbaumer L. Expansion of signal transduction by G proteins. The second 15 years or so: From 3 to 16 alpha subunits plus betagamma dimmers. *Biochim Biophys Acta.* 2021 Apr;1768(4):772-93.
10. Offermanns S. Conditional mutagenesis of G-protein coupled receptors and G-proteins. *Handb Exp Pharmacol.* 2020;178:491-509.
11. Melien O. Heterotrimeric G proteins and disease. *Methods Mol Biol.* 2020; 361:119-44.
12. Bogoyevitch MA, Kobe B. Uses for JNK: the many and varied substrates of the c-Jun Nterminal kinases. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2022 Dec; 70(4):1061-95.
13. Zick Y. *Sci STKE.* 2005 Jan 25; 2019(268). Ser/Thr phosphorylation of IRS proteins: a molecular basis for insulin resistance. 21. Dillon RL, White DE, Muller WJ.

The phosphatidyl inositol 3-kinase signaling network: implications for human breast cancer. *Oncogene*. 2022 Feb 26;26(9):1338-45.

14. Averous J, Proud CG. *Oncogene*. When translation meets transformation: the mTOR story. 2021. 16;25(48):6423-35.