

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
захисту рослин, біотехнологій та екології
_____ (Коломієць Ю.В.)
“___” _____ 2021 р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри
фізіології, біохімії рослин та біоенергетики
Протокол №___ від “___”___20__ р.
Завідувач кафедри
_____ (Прилуцька С.В.)

”РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОП 162 «Біотехнології та біоінженерія»
Лісовий М.М.
Гарант ОП _____

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КЛІТИННИЙ СИГНАЛІНГ

спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»
освітня програма «Біотехнології та біоінженерія»
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Розробники: к.б.н., доцент Бойко О.А., к.с.-г.н., доцент Нестерова Н.Г.

Київ – 2021 р.

1. Опис навчальної дисципліни «Клітинний сигналінг»

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	<u>162 «Біотехнологія та біоінженерія»</u> (шифр і назва)	
Напрямок підготовки	-	
Спеціальність	<u>162 «Біотехнологія та біоінженерія»</u>	
Освітньо-кваліфікаційний рівень	<u>ОС «Магістр»</u> (бакалавр, спеціаліст, магістр)	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	<u>Вибіркова</u>	
Загальна кількість годин	<u>120</u>	
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>	
Кількість змістових модулів	<u>2</u>	
Курсовий проект (робота) <small>(якщо є в робочому навчальному плані)</small>	курсова робота	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	2	2
Семестр	3	3
Лекційні заняття	10 год.	6 год.
Практичні, семінарські заняття	20 год.	6 год.
Лабораторні заняття	-	-
Самостійна робота	90 год.	32 год.
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	<u>2 год.</u>	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета освоїти методи фізіолого-біохімічних функцій організму тісно пов'язані з вивченням механізмів сприйняття і внутрішньоклітинної передачі різних сигналів. Систематизувати 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.

Завдання

Вивчити сучасні дослідження 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.

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

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

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- методи фізіолого-біохімічних функцій організму тісно пов'язані з вивченням 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 принципів формування відповідної реакції клітини на дію екстра клітинних сигналів є особливо важливим для розвитку уявлень про регуляцію функціональної та метаболічної активності клітин;
- огляд на поліфункціональність більшості сигнальних посередників, їх участь у фізіологічних процесах детально не розглядаються;
- відомості про механізми рецепції і сигналіngu у рослин, і, можливо, не дасть абсолютно усіх відповідей, проте може стати початком засвоєння все ще мало вивченої області біології – механізмів рецепції і сигналіngu.

Набуття компетентностей:

загальні компетентності (ЗК):

Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

Здатність працювати в міжнародному контексті.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	усього	Денна форма					Заочна форма					
		у тому числі					усього	у тому числі				
		л	с.з	ла	ін	с.р		л	с.з	ла	ін	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1.Проектування біопроектів. Стадії, етапи та методи												
Тема 1. Клітинна трансдукція та сигналінг	6	1		1		4						
Тема 2.Можливості сигналінгу. Підсилення сигналу	6	2		2		4						
Тема3. Типи рецепторів у сигналінгу.	6	2		2		4						
Тема 4. Мембранозв'язані рецептори. Класи рецепторів поверхні клітини.	6					4						
Тема 5. Вторинні месенджери. Циклічна аденозин монофосфат (цАМФ)	6					4						
Тема 6. цАМФ – функції та предметна роль	6					4						
Разом за змістовим модулем 1	60	5		10		45						
Тема 7. Циклічний гуанозинмонофосфат – функціональна роль.	6	3		3		4						
Тема 8. цГМФ – функціональні особливості.	6	2		2		4						
Тема 9. Канал потоку іонів кальцію.	6					4						
Тема 10. Властивості та функціональна роль Ca ²⁺	6					4						
Тема 11. G-білок. Визначення і функції.	6					4						
Тема 12.	9					1						

Класифікація GPCR та термінація сигналіngu												
Разом за змістовим модулем 2	60	5		10		45						
Всього	120	10		20		90						

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1.	Не передбачено робочим навчальним планом	

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Клітинна трансдукція та сигналін	
2	Можливості сигналіngu. Підсилення сигналу	1
3	Типи рецепторів у сигналіngu	1
4	Мембранозв'язані рецептори. Класи рецепторів поверхні клітини	1
5	Вторинні месенджери. Циклічна аденозин монофосфат (цАМФ)	1
6	цАМФ – функції та предметна роль	
7	Циклічний гуанозинмонофосфат – функціональна роль	1
8	цГМФ – функціональні особливості	1
9	Канал потоку іонів кальцію.	1
10	Властивості та функціональна роль Ca ²⁺	1
11	G-білок. Визначення і функції	1
12	Класифікація GPCR та термінація сигналіngu	1

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Не передбачено робочим навчальним планом	

7. Самостійна робота під керівництвом НПП

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено робочим навчальним планом	

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ			
ОС <u>Магістр</u> спеціальність <u>Біотехнології та</u> <u>біоінженерія</u>	Кафедра <u>Фізіології, біохімії</u> <u>рослин</u> <u>табіоенергетики</u> 2021-2022 навч. рік	ЕКЗАМЕНАЦІЙНИ Й БІЛЕТ № 1 з дисципліни <u>Клітинний сигналінг</u>	Затверджую Зав. кафедри (підпис) <u>Прилуцька</u> <u>С.В. (ПІБ)</u> 10 травня 2021 р.
Екзаменаційні запитання			
1. Загальне поняття про клітинний сигналінг. Предмет, мета і завдання курсу.			
2. Метаболічний шлях пропіонового бродіння, що призводять до утворення оцтової кислоти. Умови протікання, хімізм та енергетика, застосування.			
Тестові завдання різних типів			
1. Формула якої сполуки зображена на рисунку?			
1.	Бутирил-КоА		
2.	Сукциніл-КоА		
3.	Ацетил-КоА		
4.	Ацил-КоА		
2. Які мікроорганізми називають промисловими?			
1	Такі, що знайшли застосування в промисловості.		
2	Групу добре вивчених мікроорганізмів, які слугують модельними об'єктами для дослідження фундаментальних біологічних процесів.		
3	Ті, що визначені як безпечні.		
4	Широко залучені у біотехнологічне виробництво.		
3. Скільки молекул АТФ утворюється з однієї молекули глюкози в результаті гомоферментативного молочнокислого бродіння?			
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		
4. Скільки молекул АТФ утворюється з однієї молекули глюкози в результаті оцтовокислого бродіння?			
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		
5. Скільки реакцій субстратного фосфоритування у спиртовому бродінні?			

1	1
2	2
3	3
4	4
6. Який з наведених циклів може починатись пентозофосфатно?	
1	Молочнокисле гомоферментативне бродіння
2	Молочнокисле гетероферментативне бродіння
3	Маслянокисле бродіння
4	Пропіоновокисле бродіння
7. Як називається реакція, внаслідок якої відбувається стереоскопічне переміщення груп всередині сполуки, що стосується двох атомів карбону у структурі її вуглецевого скелету?	
1	Епімеризації
2	Лігації
3	Рестрикції
4	Ізомеризації
8. Які ферменти забезпечують процес ретроінгібування?	
1	Активні
2	Алостеричні
3	Конститутивні
4	Індуцибельні
9. У чому полягає повільний спосіб регуляції біохімічних реакцій у клітині?	
1	У зміні каталітичної активності молекул ферментів.
2	У зміні швидкості синтезу ферментів.
3	В екстенсифікації метаболізму
4	У зниженні температури середовища.
10. Оберіть коректне для метанового бродіння твердження.	
1	Це метаболічний шлях дисиміляційного спрямування
2	Це метаболічний шлях асиміляційного спрямування
3	Це анаболічний цикл метаболізму бактерій
4	Це біотехнологічний метод

_____ (Бойко О.А.)
 (підпис) (прізвище та ініціали НПП)

_____ (Нестерова Н.Г.)
 (підпис) (прізвище та ініціали НПП)

8. Методи навчання

Успіх навчання загалом залежить від внутрішньої активності студентів, від характеру їхньої діяльності, то саме характер діяльності, ступінь самостійності та творчості мають бути важливими критеріями у виборі методу.

Пояснювально-ілюстративний метод. Студенти здобувають знання, слухаючи розповідь, лекцію, з навчальної або методичної літератури, через екранний посібник у "готовому" вигляді. Сприймаючи й осмислюючи факти, оцінки, висновки, вони залишаються в межах репродуктивного (відтворювального) мислення. Такий метод якнайширше застосовують для передавання значного масиву інформації. Його можна використовувати для викладення й засвоєння фактів, підходів, оцінок, висновків.

Репродуктивний метод. Ідеться про застосування вивченого на основі зразка або правила. Діяльність тих, кого навчають, є алгоритмічною, тобто відповідає інструкціям, розпорядженням, правилам - в аналогічних до представленого зразка ситуаціях.

Метод проблемного викладення. Використовуючи будь-які джерела й засоби, педагог, перш ніж викладати матеріал, ставить проблему, формулює пізнавальне завдання, а потім, розкриваючи систему доведень, порівнюючи погляди, різні підходи, показує спосіб розв'язання поставленого завдання. Студенти стають ніби свідками і співучасниками наукового пошуку.

Частково-пошуковий, або евристичний метод. Його суть - в організації активного пошуку розв'язання висунутих педагогом (чи самостійно сформульованих) пізнавальних завдань або під керівництвом педагога, або на основі евристичних програм і вказівок. Процес мислення набуває продуктивного характеру, але його поетапно скеровує й контролює педагог або самі студенти на основі роботи над програмами (зокрема й комп'ютерними) та з навчальними посібниками. Такий метод, один з різновидів якого є евристична бесіда, - перевірений спосіб активізації мислення, спонукання до пізнання.

Дослідницький метод. Після аналізу матеріалу, постановки проблем і завдань та короткого усного або письмового інструктажу ті, кого навчають, самостійно вивчають літературу, джерела, ведуть спостереження й виміри та виконують інші пошукові дії. Ініціатива, самостійність, творчий пошук виявляються в дослідницькій діяльності найповніше. Методи навчальної роботи безпосередньо переходять у методи, які імітують, а іноді й реалізують науковий пошук.

9. Форми контролю

Контроль знань і умінь студентів (поточний і підсумковий) з дисципліни здійснюють згідно з кредитно-модульною системою організації навчального процесу. Рейтинг студента із засвоєння дисципліни визначається за 100 бальною шкалою. Він складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 70 балів, і рейтингу з атестації (екзамену) – 30 балів.

Критерії оцінки рівня знань на лабораторних, семінарських та практичних заняттях. На лабораторних заняттях кожен студент з кожної теми виконує індивідуальні завдання. Рівень знань оцінюється: "відмінно" – студент дає вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично вірні відповіді не менш ніж на

90% запитань, рішення задач та лабораторні вправи вірні, демонструє знання підручників, посібників, інструкцій, проводить узагальнення і висновки, акуратно оформляє завдання, був присутній на лекціях, має конспект лекцій чи реферати з основних тем курсу; “добре”– коли студент володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій і розрахунків, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді, був присутній на лекціях, має конспект лекцій чи реферати з основних тем курсу; “задовільно”– коли студент дає правильну відповідь не менше ніж на 60% питань, або на всі запитання дає недостатньо обгрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки, які виправляє за допомогою викладача. При цьому враховується наявність конспекту за темою завдань та самостійність; “незадовільно з можливістю повторного складання” – коли студент дає правильну відповідь не менше ніж на 35% питань, або на всі запитання дає необгрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки. Має неповний конспект лекцій.

Підсумкова (загальна оцінка) курсу навчальної дисципліни. Є сумою рейтингових оцінок (балів), одержаних за окремі оцінювані форми навчальної діяльності: поточне та підсумкове тестування рівня засвоєності теоретичного матеріалу під час аудиторних занять та самостійної роботи (модульний контроль); оцінка (бали) за виконання лабораторних досліджень. Підсумкова оцінка виставляється після повного вивчення навчальної дисципліни, яка виводиться як сума проміжних оцінок за змістовні модулі. Остаточна оцінка рівня знань складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 70 балів, і рейтингу з атестації (екзамену) – 30 балів.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371).

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів):

$$R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{АТ}}$$

11. Методичне забезпечення

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: державні стандарти освіти, навчальні плани, навчальні програми з усіх нормативних і вибіркових навчальних дисциплін; програми навчальної, виробничої та інших видів практик; підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали до семінарських, практичних і лабораторних занять; індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи студентів.

12. Рекомендована література

Базова

1. Гусев Н. Б. Внутриклеточные Са-связывающие белки. Часть 1. Классификация и структура / Н. Б. Гусев // Соросовский образовательный журнал. — 1998. — № 5. — С. 2–9.
2. Гусев Н. Б. Внутриклеточные Са-связывающие белки. Часть 2. Структура и механизм функционирования / Н. Б. Гусев // Соросовский образовательный журнал. — 1998. — № 5. — С. 10–16.
3. Колупаев Ю. Е. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпец. — К. : Основа, 2010. — 352 с.
4. Крутецкая З. И. Механизмы внутриклеточной сигнализации : монография / З. И. Крутецкая, О. Е. Лебедев, Л. С. Курилова. — СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2003. — 208 с.
5. Лыло В. В. Убиквитинирование протеинов и его функции в клетке / В. В. Лыло // Укр. біохім. журн. — 2010. — Т. 82, № 6. — С. 5–13.
6. Тарчевский И. А. Сигнальные системы клеток растений / И. А. Тарчевский. — М. : Наука, 2002. — 294 с.
7. Alberts B. Molecular biology of the cell / B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter. — 4-th edition. — Garland Science Publishing, 2002.
8. Apel K. Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction / K. Apel, H. Hirt // Annu. Rev. Plant Biol. — 2004. — V. 55. — P. 373–399.
9. Chapman E. J. Mechanism of Auxin-Regulated Gene Expression in Plants / E. J. Chapman, M. Estelle // Annu. Rev. Genet. — 2009. — V. 43. — P. 265–285.
10. Chen M. Light signal transduction in higher plants / M. Chen, J. Chory, C. Fankhauser // Annu. Rev. Genet. — 2004. — 38. — P. 87–117.
11. Gehring C. Adenyl cyclases and cAMP in plant signaling — past and present / C. Gehring // Cell Communication and Signaling. — 2010. — V. 8. — P. 15.
12. Kachroo A. Fatty Acid-Derived Signals in Plant Defense / A. Kachroo, P. Kachroo // Annu. Rev. Phytopathol. — 2009. — V. 47. — P. 153–176.
13. Kakimoto T. Perception and signal transduction of cytokinins / T. Kakimoto // Annu. Rev. Plant Biol. — 2003. — V. 54. — P. 605–627.

14. Kim T.-W. Brassinosteroid Signal Transduction from Receptor Kinases to Transcription Factors / T.-W. Kim, Z.Y. Wang // *Annu. Rev. Plant Biol.* — 2010. — V. 61. — P. 681–704.

Допоміжна

15. Lau O. S. The photomorphogenic repressors COP1 and DET1: 20 years later / O. S. Lau, X. W. Deng // *Trends Plant Sci.* — 2012. — V. 17(10). — 584–593.

16. Pandey S. Two novel GPCR-type G proteins are abscisic acid receptors in arabidopsis / S. Pandey, D. C. Nelson, S. M. Assmann // *Cell.* — 2009. — V. 136. — P. 136–148.

17. Rodriguez M. C. S. Mitogen-Activated Protein Kinase Signaling in Plants / M. C. S. Rodriguez, M. Petersen, J. Mundy // *Annu. Rev. Plant Biol.* — 2010. — V. 61. — P. 621–649.

18. Wang Z.-Y. Brassinosteroid Signaling Network and Regulation of Photomorphogenesis / Z.-Y. Wang, M.-Y. Bai, E. Oh, J.-Y. Zhu // *Annu. Rev. Genet.* — 2012. — V. 46. — P. 699–722.

19. Yang Z. Small GTPases: Versatile Signaling Switches in Plants / Z. Yang // *The Plant Cell.* — 2002. — V. 14. — P. S375–S388.

20. Zielinski R. E. Calmodulin and calmodulin-binding proteins in plants / R. E. Zielinski // *Annu. Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol.* — 1998. — V. 49. — P. 697–725.

Змістовий модуль 1.

Тема лекційного заняття 1. Лекція 1. Клітинна трансдукція та сигналін

Живі організми постійно отримують та інтерпретують сигнали з навколишнього середовища. Ці сигнали можуть бути світлом, теплом, запахами, дотиком або звуком. Також, клітини тіла людини постійно отримують сигнали від інших клітин, що є важливими для збереження і функціонування клітин, а також для стимулювання процесів поділу клітин та їх диференціації. У тварин швидка реакція на зміни навколишнього середовища опосередковується насамперед нервовою системою та гормонами, включаючи дрібні пептиди, малі непептидні молекули, такі як катехоламіни (дофамін, епінефрин, норадреналін).

Тема лекційного заняття 2. Можливості сигналінгу. Підсилення сигналу

Ампліфікація сигналу – це явище, при якому рецепторні білки взаємодіють із сигнальними молекулами на поверхні клітини, при цьому, зазвичай сигнали передаються цитоплазмі або ядру вторинними месенджерами, що впливає на активність одного або декількох ферментів чи генів всередині клітини.

Тема лекційного заняття 3. Типи рецепторів у сигналінгу.

Рецептор – це білкова молекула, що знаходиться на поверхні клітини і приймає хімічні сигнали, що надходять із клітини зовні. Зв'язування специфічних сигнальних молекул з рецептором вказує клітині можливості певних молекул входити або виходити, або спрямовує клітину до процесів ділення або загибелі.

Тема лекційного заняття 4. Мембранозв'язані рецептори. Класи рецепторів поверхні клітини.

Мембранозв'язані рецептори – це білки безпосередньо пов'язані з клітинною мембраною. Вони можуть проходити по мембрані і можуть передавати сигнал ззовні клітини всередину. Поза клітиною ліганд (наприклад, гормон) зв'яжеться з рецептором, потім кілька хімічних подразників, включаючи стероїдні гормони та газ оксид азоту, перетинають плазматичну мембрану та зв'язують рецептори всередині клітини. Таким чином, рецептор зазнає конформаційних змін, що виявляється всередині клітини.

Тема лекційного заняття 5. Вторинні месенджери. Циклічна аденозин монофосфат (цАМФ)

Як було зазначено раніше, вторинні месенджери – це молекули, які передають сигнали, що надходять на рецептори клітинної поверхні, такі як гормони, фактори росту тощо, на відповідні молекули-мішені в цитозолі та/або ядрі. При цьому, вторинні месенджери служать для посилення сили сигналу. Зв'язування ліганду з одним рецептором на клітинній поверхні може сприяти значним змінам у біохімічній діяльності всередині клітини.

Тема лекційного заняття 6. цАМФ – функції та предметна роль

У бактерій цАМФ відіграє вирішальну роль, і її рівень змінюється залежно від середовища, яке використовується для росту. У *E.coli* цАМФ бере участь у позитивній регуляції *lac*-оперону. цАМФ синтезується з АТФ-аденілілциклазою, в результаті підвищення рівня цАМФ виникає зниження концентрації глюкози, що є джерелом вуглецю. цАМФ потім зв'язується з регуляторним білком транскрипції, протеїном рецептора цАМФ (CRP), який також називається білком катаболічного активатора (CAP).

Тема лекційного заняття 7. Циклічний гуанозинмонофосфат – функціональна роль.

Циклічний гуанозинмонофосфат або цГМФ – це циклічний нуклеотид, отриманий з гуанозин трифосфату (ГТФ). цГМФ – це багатфункціональна молекула вторинного месенджера, подібна за дією до цАМФ, але, як правило, проявляє протилежні функціональні ефекти у клітині.

Тема лекційного заняття 8. цГМФ – функціональні особливості.

У нирках, пов'язана з мембраною, гуанілілциклаза активується гормоном передсердного натрійуретичного фактора (АНФ), який вивільняється клітинами в передсерді серця, коли воно розтягується за рахунок збільшення об'єму крові. АНФ потрапляє в нирки з кров'ю з серця і активує мембрану, пов'язану з гуанілілциклазою в клітинах збиральних проток.

Тема лекційного заняття 9. Канал потоку іонів кальцію.

Іони кальцію також є важливими внутрішньоклітинними месенджерами. Насправді, іони кальцію – це, мабуть, найширше використовувані внутрішньоклітинні месенджери. Кальцій (Ca^{2+}) відіграє важливу роль у фізіології та біохімії організмів і клітини в цілому. Він приймає участь у загальному механізмі сигналізації, оскільки потрапляючи в цитоплазму, він проявляє алостеричну регуляторну дію на багато ферментів і білків.

Тема лекційного заняття 10. Властивості та функціональна роль Ca^{2+}

Виділяють 2 основні властивості, що дозволяють іону Ca^{2+} ефективно працювати як сигнальний механізм.

Тема лекційного заняття 11. G-білок. Визначення і функції.

G-білки (білки, що зв'язують гуанін нуклеотиди) – це сімейство білків, які беруть участь у передачі хімічних сигналів поза клітиною і викликають зміни всередині клітини. Вони передають сигнали багатьох гормонів, нейромедіаторів та інших сигнальних чинників.

Тема лекційного заняття 12. Класифікація GPCR та термінація сигналіngu

Точний кількісний розмір надсімейства GPCR невідомий, але за допомогою аналізу послідовностей геномів було прописано майже 800 різних генів людини (або $\approx 4\%$ усього генома, що кодує білок).