

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ТА НАФТОХІМІЇ
ім. В.П. КУХАРЯ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Інституту біоорганічної хімії та
нафтохімії ім. В.П. Кухаря

НАН України

протокол № 14

від « 30 » 06 2023 року

Голова Вченої ради

Інституту біоорганічної хімії та
нафтохімії ім. В.П. Кухаря

НАН України

чл.-кор. НАН України



Андрій БОВК

«БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ»

РОБОЧА ПРОГРАМА

кредитного модуля

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ
СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ
РІВЕНЬ ОСВІТИ

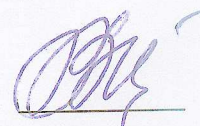
09 – БІОЛОГІЯ
091 – БІОЛОГІЯ
БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ
ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ)

Київ -2023 р.

Робоча програма кредитного модуля «Біоорганічна хімія» для аспірантів за спеціальністю «091 – Біологія», третього освітньо-наукового рівня, за денною формою навчання складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Біоорганічна хімія».

РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

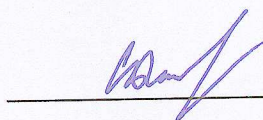
Пров. н. с. відділу хімії біоактивних азотовмісних гетероциклічних основ ІБОНХ ім. В.П. Кухаря НАН України, доктор. біол. наук, ст. н. с. Вікторія ЦИГАНКОВА



(підпис)

Програму затверджено на засіданні Вченої ради Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України протокол № 14 від « 30 » 06 2023 року

Вчений секретар



Сергій ПОПІЛЬНИЧЕНКО

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Біоорганічна хімія вивчає будову та реакційну здатність різних класів органічних речовин, а на їх основі найбільш важливі біологічно активні речовини, що входять до складу живих організмів, - низькомолекулярних біомолекул, біополімерів (білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів), природних та синтетичних фізіологічно активних сполук (гормонів та регуляторів росту рослин, вітамінів, лікарських засобів, токсичних речовин, тощо). Завдання біоорганічної хімії полягають у визначенні структури біомолекул, природних і синтетичних біорегуляторів, виявленні залежності між їх молекулярною, електронною будовою та фізіологічними, зокрема фармакологічними ефектами, виявленні закономірностей їх перетворень; пошуку та створенні нових регуляторів росту рослин на основі природних або синтетичних сполук, різних за хімічною будовою та типом біоактивності.

Основні завдання навчальної дисципліни:

Освоєння теоретичних основ біоорганічної хімії, базових принципів дизайну функціональних молекул і методів їх дослідження. Підготувати аспірантів, що спеціалізуються в області біоорганічної хімії, до науково-дослідницької діяльності, пов'язаної з розробкою та застосуванням методів сучасної біоорганічної хімії в отриманні практично важливих біологічно активних сполук, методах виділення з природних джерел і встановлення хімічної будови органічних сполук; ознайомлення з сучасними методами структурного аналізу найважливіших класів метаболітів; забезпечити знання основ класифікації регуляторів росту рослин природного або синтетичного походження, їх структури, біосинтезу, метаболізму, а також фізіологічних, біохімічних та молекулярних механізмів їх дії на регуляцію росту та розвитку рослин з метою практичного використання у сільському господарстві та біотехнології.

Навчати навичкам теоретичного аналізу результатів експериментальних досліджень, методів планування експерименту та

обробки результатів, систематизування і узагальнення як уже наявної в літературі, так і самостійно отриманої в ході досліджень інформації.

Аспірант з даної дисципліни повинен мати фундаментальні уявлення з органічної хімії та хімії біологічно активних сполук. Для вивчення даної дисципліни необхідно мати вищу освіту з вивченням курсу органічної хімії та біохімії для хімічних та біологічних спеціальностей.

2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИВЧЕННЮ ДИСЦИПЛІНИ

Курс «**Біоорганічна хімія**» є однією з профілюючих для спеціалізації «**біоорганічна хімія**», яка викладається на 2 курсі аспірантури в обсязі 4 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS), в тому числі 54 години аудиторних занять, з них 36 годин лекцій та 18 годин семінарських занять.

Передбачається, що аспіранти матимуть 66 годин самостійної роботи.

Підсумковий контроль на другому курсі – екзамен.

Мета навчальної дисципліни «Біоорганічна хімія»: формування сучасного рівня знань в області біоорганічної хімії, освоєння методик виділення з природних джерел і встановлення хімічної будови органічних сполук; ознайомлення з сучасними методами аналізу найважливіших класів природних сполук - вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот, пептидів, гормонів рослин та їх синтетичних аналогів, вивчення фізіологічних, біохімічних та молекулярних механізмів їх дії на різних рівнях організації рослинного організму.

У результаті вивчення даного курсу аспірант повинен:

знати: синтетичні підходи до низькомолекулярних пептидів та олігонуклеотидів, основи метаболізму амінокислот, вуглеводів, жирів, нуклеїнових кислот; типи ферментів та коферментів, що каталізують біохімічні процеси в організмі; мати уявлення про низькомолекулярні регулятори біохімічних процесів: стероїди, вітаміни, терпени, антибіотики; принципи і теоретичні основи регуляції рослинних організмів, загальну

характеристику і класифікацію гормонів рослин та їх синтетичних аналогів, роль гормональної регуляції метаболізму та біологічних функцій клітини рослин; принципи і теоретичні основи фізіологічних та молекулярно-клітинних механізмів дії фітогормонів та їх синтетичних аналогів.

вміти: використовувати набуті знання при вирішенні практичних задач біоорганічної хімії та для розробки нових біологічно активних сполук

ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ОСВОЄННЯ ДИСЦИПЛІНИ

В рамках даної дисципліни поглиблюються і розвиваються такі компетенції:

❖ *Універсальні компетенції:*

здатність проектувати і здійснювати комплексні дослідження, в тому числі міждисциплінарні, на основі цілісного системного наукового світогляду з використанням знань в області історії і філософії науки.

❖ *Загальнопрофесійні компетенції:*

здатність самостійно здійснювати науково-дослідницьку діяльність в біоорганічній хімії з використанням сучасних методів дослідження та інформаційно-комунікаційних технологій.

❖ *Професійні компетенції:*

здатність організовувати проведення експериментів і випробувань, проводити їх обробку, аналізувати їх результати та узагальнювати у вигляді наукових статей для провідних профільних журналів; готовність до розробки навчально-методичної документації для проведення навчального процесу.

3. СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна містить два кредитні модулі.

Модулі дисципліни і види занять.

№	Розділи дисципліни	Кількість кредитів ЄКТС	Обсяг навчальної роботи (в годинах)					Самостійна робота	Вид підсумкового контролю
			загальний обсяг	всього аудиторних	лекції	практичні	семінари		
I.	ПРЕДМЕТ БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ. АМІНОКИСЛОТИ, ПЕПТИДИ, БІЛКИ. НУКЛЕОЗИДИ, НУКЛЕОТИДИ І НУКЛЕЙНОВІ КИСЛОТИ.								
1.	Вступ	2	60	4	4	-	-	3	
2.	Амінокислоти, пептиди, білки			12	8	-	4	15	
3.	Нуклеозиди, нуклеотиди і нуклеїнові кислоти			11	6	-	5	15	
II.	ВУГЛЕВОДИ. ЛІПІДИ. ПОРФІРИНИ І ХРОМОПРОТЕЇДИ. ФІЗІОЛОГІЧНО АКТИВНІ СПОЛУКИ. БІОРЕГУЛЯТОРИ								
4.	Вуглеводи та їх похідні	2	60	7	4	-	3	6	
5.	Ліпіди			7	4	-	3	6	
6.	Порфірини і хромопротеїди			4	4	-	-	6	
7.	Фізіологічно активні сполуки. Біорегулятори.			9	6	-	3	15	
	Разом	4	120	54	36	-	18	66	Екзамен

3.1. Зміст дисципліни

№	Розділи дисципліни	Зміст розділу (теми)	Форма проведення занять
1.	Вступ	Лекція 1. (2 год.) Біоорганічна хімія як наука. Предмет біоорганічної хімії та її місце в системі наук про життя, зв'язок з біохімією, біотехнологією і медициною. Основні задачі біоорганічної хімії. Лекція 2. (2 год.) Історичний експурс в розвиток біоорганічної хімії та сучасні проблеми цієї науки.	Лекції, самостійна робота

2.	Амінокислоти, пептиди, білки	Лекція 3. (2 год.) Амінокислоти, номенклатура, оптична ізомерія, фізико-хімічні та хімічні властивості, методи визначення. Лекція 4. (2 год.) Пептиди, методи хімічного синтезу, уявлення про біологічну роль. Лекція 5. (4 год.) Білки, загальна стратегія визначення первинної структури. Вторинна, третинна та четвертинна структура білків. Біологічна роль білків, білки-ферменти, гормони, білки системи гомеостазу, структурні білки, рецепторні білки, транспортні білки, білкові токсини мікробного і рослинного походження.	Лекції, семінари, самостійна робота
3.	Нуклеозиди, нуклеотиди і нуклеїнові кислоти	Лекція 6. (2 год.) Нуклеозиди і нуклеотиди, будова, властивості, біосинтез. Азотисті основи пуринового і піримідинового ряду як компоненти нуклеозидів та нуклеотидів: будова, хімічні властивості, таутомерія. Лекція 7. (2 год.) Нуклеотиди як фосфорильовані похідні нуклеозидів (нуклеозидмонофосфати, ди- і трифосфати АМФ, ГМФ, УМФ, ЦМФ, ТМФ). Лекція 8. (2 год.) Нуклеїнові кислоти: дезоксирибонуклеїнові, рибонуклеїнові як полінуклеотиди. Полярність полінуклеотидних ланцюгів. Номенклатура нуклеозидів і нуклеотидів РНК та ДНК. Характеристика первинної, вторинної, третинної структур нуклеїнових кислот; зв'язки, що їх формують. Генетична роль ДНК. Типи РНК та їх роль в біосинтезі білка. Уявлення про ДНК як носія генетичної інформації. РНК як первинне джерело генетичної інформації. Хімічний синтез фрагментів нуклеїнових кислот. Полімеразна ланцюгова реакція як метод спрямованого отримання фрагментів ДНК. Уявлення про генетичну інженерію.	Лекції, семінари, самостійна робота
4.	Вуглеводи та їх похідні	Лекція 9. (2 год.) Моносахариди. Визначення, класифікація (альдози і кетози), біомедичне значення окремих представників. Стереοізомерія моносахаридів (D- і L-форми). Відкриті та циклічні форми моносахаридів; циклооксотаутомерія (формули Фішера, Коллі-Толенса, Хеурса). Фуранозні та піранозні цикли; α- та β-аномери. Хімічні властивості моносахаридів: реакції за участю оксо- та гідроксильних груп; якісні реакції на моносахариди. Окиснення моносахаридів, утворення альдонових та уронових кислот. L-аскорбінова кислота	Лекції, семінари, самостійна робота

		(вітамін С). Глікозидний гідроксил, його властивості; О- і N-глікозиди. Амінопохідні моносахаридів: глюкозамін, галактозамін. Відновлення моносахаридів: утворення сорбіту, маніту. Лекція 10. (2 год.) Олігосахариди. Будова. Дисахариди (сахароза, лактоза, мальтоза): структура, біомедичне значення. Полісахариди: класифікація, структура. Гомополісахариди: крохмаль, глікоген, целюлоза (клітковина); декстрини: будова, гідроліз, біомедичне значення. Гетерополісахариди. Визначення, структура. Будова та біомедичне значення глікозаміногліканів. Гліко-протеїни і протеоглікани, типи вуглеводних ланцюгів, біосинтез і біологічні функції.	
5.	Ліпіди	Лекція 11. (2 год.) Визначення і класифікація ліпідів. Біосинтез і біологічні функції ліпідів. Проблеми хімічного синтезу ліпідів. Прості ліпіди. Триацилгліцероли (тригліцериди, нейтральні жири): будова, хімічні властивості, фізіологічне значення. Вищі жирні кислоти: пальмітинова, стеаринова, олеїнова, лінолева, ліноленова, арахідонова. Гідроліз жирів (кислотний, лужний, ферментативний). Мила: будова, фізико-хімічні та біологічні властивості як поверхнево-активних сполук. Складні ліпіди. Класифікація та будова основних класів складних ліпідів. Фосфоліпіди: фосфатидна кислота, фосфатидилетаноламін, фосфатидилхолін, фосфатидисерин. Роль складних ліпідів у побудові біомембран. Лекція 12. (2 год.) Ізопреноїди (терпени, стероїди). Терпени (терпенові вуглеводні): будова; біомедичне значення як лікарських засобів (камфора, ментол, ефірні олії). Будова біологічно важливих представників стероїдів: холестерину, вітаміну D, жовчних кислот, кортикостероїдів (кортизону, альдостерону), статевих гормонів (тестостерону, естрадіолу, прогестерону).	Лекції, семінари, самостійна робота
6.	Порфірини і хромопротеїди	Лекція 13. (4 год.) Хімічна структура і синтез порфіринів. Хромопротеїди: гемоглобін, міоглобін, цитохроми. Біологічні функції гемоглобіну і цитохромів. Хлорофіл і хлорофілвмісні білки, трансформація світлової енергії в хімічну в фотосинтетичному апараті рослин.	Лекції, семінари, самостійна робота

7.	Фізіологічно активні сполуки. Біорегулятори	Лекція 14. (2 год.) Поняття про фізіологічно активні сполуки (ФАС). Рецепторні та метаболітні механізми дії ФАС на функціонування клітин. Лекція 15. (2 год.) Вітаміни: загальна характеристика; поняття про коферментну дію вітамінів. Будова вітамінів В₁, В₂, В₆, РР, С. Гормони: поняття про гормони як біорегулятори. Загальна характеристика гормонів білково-пептидної групи, похідних амінокислот, стероїдів та ейкозаноїдів. Лекція 16. (2 год.) Алкалоїди: загальне визначення, значення як діючих речовин лікарських засобів (класів піридину та піперидину, хіноліну та ізохіноліну, тропану, індолу). Антибіотики: поняття про антибіотики; характеристика антибіотиків класів пеніцилінів, цефалоспоринів, стрептоміцинів. Фітогормони та синтетичні регулятори росту рослин. Класифікація фітогормонів та їх синтетичних аналогів, біосинтез фітогормонів в клітинах рослин, фізіологічні та молекулярні механізми дії фітогормонів та їх синтетичних аналогів, застосування в сільському господарстві. Пестициди: загальне визначення; фосforo- та хлороорганічні пестициди – застосування в медицині, сільському господарстві, токсикологічне значення.	Лекції, семінари, самостійна робота
----	--	---	-------------------------------------

3.2. Зміст семінарських занять та теми для самостійної роботи

№	Тема курсу	Тема заняття
1.	Вступ	Огляд структурно-функціональних та синтетичних досліджень біологічно важливих високомолекулярних сполук (білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів та змішаних біополімерів будь-яких типів).
2.	Амінокислоти, пептиди, білки	<i>Амінокислоти.</i> Номенклатура, будова. Оптична ізомерія α-амінокислот. Кислотно-основні властивості. Хімічні властивості: реакції α-аміно- та α-карбоксильної групи, функціональних груп бічних ланцюгів. Методи синтезу амінокислот. <i>Пептиди.</i> Природа пептидного зв'язку. Лінійні та циклічні пептиди. Іонофори. Хімічний синтез пептидів. Методи захисту функціональних груп. Створення пептидного зв'язку. Проблема рацемізації. Твердофазний синтез пептидів. Ферментативний синтез та напівсинтез пептидів та білків. Структура та функція біологічно активних пептидів. Пептидні гормони. Нейропептиди. Енкефаліни та ендорфіни. Окситоцин та вазопресин. Імуноактивні пептиди. Пептидні токсини та антибіотики. Пептиди як лікарські засоби. <i>Первинна структура білків.</i> Загальна стратегія визначення

		структури білків. Аналіз амінокислотного складу. Визначення N- та С-кінцевих амінокислотних залишків. Фрагментація поліпептидного ланцюга. Ферментативні методи гідролізу. Хімічні методи розщеплення поліпептидного ланцюга по залишкам метіоніну, триптофану, цистеїну. Послідовна деградація пептидів за методом Едмана. Визначення амінокислотної послідовності білка. Аналіз розташування сульфогідрильних груп та дисульфідних зв'язків. Використання мас-спектрометрії при визначенні первинної структури пептидів. Складні білки: гліко-, ліпо-, нуклео-, хромо-, фосфо- та металопротеїни. <i>Хімічна модифікація білків.</i> Завдання, які вирішуються за допомогою хімічної модифікації. Модифікація залишків гістидину, метіоніну, тирозину, триптофану, цистеїну. Біфункціональні реагенти. Введення флуоресцентних міток. Методи ідентифікації модифікованих амінокислотних залишків. Біоспецифічна модифікація білків. Модифікація функціональних груп бічних ланцюгів амінокислот (реакції метилювання, гідроксилювання, введення додаткової карбоксильної групи, фосфорилування та інші). <i>Просторова структура білків.</i> Поняття про вторинну, третинну та четвертинну структурах. Електронна будова та конфігурація пептидного зв'язку. Типи взаємодій, що визначають просторову структуру поліпептидів. Зв'язок просторової структури білка з послідовністю амінокислотних залишків. Роль молекулярних шаперонів. Вторинна структура пептидів та білків. Круговий дихроїзм та дисперсія оптичного обертання як методи визначення вторинної структури. Третинна структура білків. Рентгеноструктурний аналіз як метод вивчення просторової будови білків. Ядерний магнітний резонанс як метод дослідження конформації пептидів та білків у розчинах. Денатурація і ренатурація. Четвертинна структура білків. Методи дослідження четвертинної структури. <i>Біологічна роль білків.</i> Ферменти. Класифікація. Біокаталіз. Принципи ферментативної кінетики. Інгібітори та активатори ферментів. Фактори, що впливають на ферментативну активність. Поняття про активний центр. Комплекс «фермент-субстрат». Функціональні групи активних центрів ферментів на прикладі хімотрипсина, лізоциму, карбоксипептидази А. Причини високої каталітичної активності та механізм дії ферментів. Білки-гормони. Механізм дії пептидно-білкових гормонів. Інсулін, гормони росту. Глікопротеїни. Білки системи гемостазу. Система згортання крові. Антикоагулянти та фібринолітики. Структурні білки. Білки м'язів та тканин. Актomioзіновий комплекс. Тропоніни. Білки бактеріальної системи рухливості. Колаген, кератин, фіброїн шовку. Рецепторні білки. Родопсин. Ацетилхолінові рецептори постсинаптичних мембран. Транспортні білки. АТФ. Цитохром С, гемоглобін і міоглобін, сироватковий альбумін. Білки-токсини мікробного і рослинного походження. Зоотоксини. Нейротоксини як інструменти вивчення механізмів нервової провідності.
3.	Нуклеозиди,	<i>Нуклеозиди і нуклеотиди</i> як компоненти нуклеїнових кислот;

нуклеотиди і нуклеїнові кислоти	структура, стереохімія, фізичні та хімічні властивості, біосинтез. Аденозинтрифосфат як універсальний акумулятор енергії в клітині; нуклеозид-2,3-циклофосфати; біологічна роль аденозин-і гуанозин-3,5-циклофосфата. <i>Первинна структура нуклеїнових кислот.</i> З'ясування первинної структури нуклеїнових кислот. Методи введення радіоактивної мітки. Метод Максама-Гілберта. Аналіз РНК (методи аналізу через кДНК та прямі методи з використанням ферментативної та хімічної деградації). Нерадіоактивне мічення нуклеїнових кислот. <i>Вторинна структура нуклеїнових кислот.</i> Рентгеноструктурні дослідження ДНК. Подвійна спіраль ДНК по Уотсону та Крику, її біологічне значення. Компліментарність та взаємна орієнтація ланцюгів. Основні типи подвійних спіралей. <i>Денатурація та ренатурація подвійних спіралей.</i> Гіпохромія. Олиго- та полінуклеотидні зонди як інструмент дослідження нуклеїнових кислот. Особливості структури ДНК в біологічних об'єктах (віруси, прокаріоти та еукаріоти). <i>Вторинна структура РНК,</i> структурна консервативність РНК-спіралі. Гібридні дуплекси ДНК-РНК, їх біологічна роль. <i>Третинна структура РНК.</i> <i>Уявлення про ДНК як носія та джерело генетичної інформації.</i> Основні етапи відтворення і експресії генетичної інформації: реплікація, транскрипція, трансляція. Генетичний код, основні характеристики. <i>Механізми реплікації ДНК.</i> Структурний ген, безперервність та мозаїчність. Перекриття генів. <i>Регуляція транскрипції</i> (оперон; промотор та попередні ділянки; оператор, репресор, індуктор). <i>Основні етапи трансляції та принципи її регулювання.</i> тРНК та аміноацил-тРНК-синтетази. Рибосоми: структура та функції. Зворотня транскрипція. <i>РНК як первинне джерело генетичної інформації.</i> Методи спрямованої ферментативної деградації нуклеїнових кислот. Класифікація нуклеаз. Використання екзо- та ендонуклеаз для секвенування нуклеїнових кислот. Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) як метод спрямованого отримання фрагментів ДНК. Фактори, що впливають на специфічність ПЛР. Односпрямована ПЛР. Використання ПЛР для секвенування ДНК, генетичної рекомбінації <i>in vitro</i>, ідентифікації точкових мутацій. <i>Мутації та мутагенез.</i> Джерела мутацій в клітці. Мутагенез як інструмент дослідження компонентів клітини і оптимізації клітинних процесів. Спадкові захворювання. Методи аналізу мутацій в клітці. Генна терапія. <i>Штучний синтез нуклеїнових кислот.</i> Синтез на полімерному носії. Циклічність синтезу полімерів як основа для автоматизації. Виділення, очищення та ідентифікація синтетичних олиго- та полінуклеотидів. Полімерази та лігази як інструменти штучного синтезу нуклеїнових кислот. Комбінації хімічних та ферментативних методів в синтезі генетичних
---	---

		детермінант. Генетична інженерія. Використання полімеразної ланцюгової реакції для отримання фрагментів ДНК. Молекулярне клонування.
4.	Вуглеводи та їх похідні	<i>Моносахариди.</i> Визначення та номенклатура. Альдози та кетози. Лінійні і циклічні форми моносахаридів. Стереохімія і конформація моносахаридів. Аномерний центр: стереохімія, особливі властивості гідроксильної групи. <i>Олігосахариди.</i> Визначення та номенклатура. Хімічний синтез олігосахаридів. Методи вивчення будови олігосахаридів: хімічні, фізико-хімічні, ферментативні. Рослинні олігосахариди: сахароза. Олігосахариди тваринного походження: олігосахариди молока. <i>Полісахариди.</i> Визначення та номенклатура. Методи вивчення будови полісахаридів: хімічні, фізико-хімічні, ферментативні. Рослинні полісахариди: целюлоза, крохмаль (амілоза, амілопектин). Полісахариди тваринного походження: глікоген, хітин, глікозаміноглікани, гепарин. Біологічні функції полісахаридів. <i>Глікопротеїни та протеоглікани:</i> будова вуглеводневих ланцюгів та їх біологічні функції. Біосинтез N-ланцюгів глікопротеїнів. <i>Глікозидази і глікозилтрансферази.</i> Їх використання у вивченні структури та функції вуглеводів. <i>Методи синтезу вуглеводів.</i> Повний та частковий хімічний синтез моносахаридів, олігосахаридів, полісахаридів, ферментативні методи. Модифікація природних вуглеводів. Синтез вуглеводів неприродної будови та споріднених сполук.
5.	Ліпіди	<i>Будова та класифікація ліпідів.</i> Фізико-хімічні властивості, роль в живому організмі. Методи дослідження ліпідів. <i>Нейтральні ліпіди.</i> Вуглеводи, віск, тригліцериди. Жири, їх функції в організмі. Жири та інші ліпіди в промисловості. Холестерин, його особлива роль в організмі. Ліпопротеїни крові, їх функції. Стерини мікроорганізмів та рослин. <i>Жирні кислоти.</i> Насичені та ненасичені кислоти, їх біосинтез, біологічна роль; незамінні жирні кислоти. Простагландини та споріднені речовини; каскад поліненасичених жирних кислот. <i>Фосфоліпіди.</i> Основні та міnorні фосфоліпіди, їх біосинтез та біологічна роль. Фосфоліпази. <i>Гліколіпіди:</i> глікозилдигліцериди, цереброзиди, гангліозиди. Біосинтез, функції в організмі. Гангліозиди як рецептори. <i>Ліпіди та лікарські речовини.</i> Фактор активації тромбоцитів. Ліпідні сполуки з протипухлинною та іншими видами фізіологічної активності. Методи синтезу ліпідів. Повний та частковий хімічний синтез, ферментативні методи. Модифікація природних ліпідів з метою отримання речовин, що несуть мітку (радіоактивну, флуоресцентну та ін.). Синтез ліпідів неприродної будови.
6.	Порфірини і хромопротеїди	<i>Хімічна структура порфіринів.</i> Ізомерія в ряду порфіринів. Відновлені форми порфіринів: хлорин, порфодиметени, порфометен. Фізико-хімічні властивості порфіринів, металопорфіринів. Спектри порфіринів. Методи виділення та поділу порфіринів.

		<i>Синтез порфіринів.</i> Окремі представники порфіринів: етіопорфірин, протопорфірин, мезопорфірин, дейтеропорфірин, гематопорфірин, уропорфірин, копропорфірин. Біосинтез. <i>Хромопротейди:</i> гемоглобін, міоглобін, цитохроми а, b, с. Структура, характер зв'язків білка з металопорфіринами. Функції гемоглобіну і цитохромів. Хлорофіл і хлорофілвмісні білки. Трансформація світлової енергії в хімічну в фотосинтетичному апараті.
7.	Фізіологічно активні сполуки. Біорегулятори	<i>Алкалоїди.</i> Група алкалоїдів опію. Поняття про опіатні рецептори та їх ендogenousні ліганди. Морфін, кодеїн, папаверин. Героїн, аналоги морфіну, налорфін. Рецептори морфінових алкалоїдів та їх природні ліганди: ендорфіни, енкефаліни та ін. Синтетичні анальгетики. Тропанові алкалоїди групи кокаїну та атропіну. м-Холіноблокатори. Знеболюючі та снодійні лікарські препарати. Наркотики та галюциногени. Психотропні засоби фенотіазинової групи. Транквілізатори бензодіазепінового ряду. Групи нікотину та тубокурарину. Синтетичні міорелаксанти. Група ефедрину. Адренергічні синапси та природні адреноміметики. Дофамін, адреналін, норадреналін, синтетичні адреноблокатори, лікування ішемічної хвороби. Хінні алкалоїди, будова та стереохімія. Проблема лікування малярії. Синтетичні протималярійні засоби. Хінідін. Природні та синтетичні засоби проти аритмії. Індольні алкалоїди інших типів: стрихнін та бруцин, фізостигмін та інші м-холіноміметики. Пілокарпін та його синтез. <i>Алкалоїди пуринового ряду.</i> Інші стимулятори серцевої активності. Колхіцин та колхамін, їх використання в селекції рослин. <i>Антибіотики.</i> Пеніциліни, цефалоспорини. Особливості їх будови і зв'язок між структурою та активністю в цьому ряду сполук. Уявлення про механізм біосинтезу бактеріальної клітинної стінки та механізм дії пеніцилінів. Уявлення про механізми резистентності бактерій до пеніцилінів. Тетрацикліни, їх структура та механізм антимікробної дії. Основні етапи повного синтезу тетрацикліну. Механізм біосинтезу тетрациклінових антибіотиків та їх вплив на біосинтез білка. Антибіотики як інструменти вивчення біосинтезу білка: основні етапи цього біосинтезу та пов'язані з ними антибіотики. Стрептоміцин та інші аміноглікозидні антибіотики. Уявлення про біосинтез нуклеїнових кислот та його вплив на антибіотики. Актиноміцин D, антрацикліни. Нуклеозидні антибіотики та синтетичні похідні нуклеозидів, інгібітори вірусу герпесу та ВІЛ. Антибіотики – інструменти вивчення іонного транспорту через мембрани. <i>Вітаміни.</i> Історія відкриття вітамінів та їх роль у функціонуванні організмів людини та тварин. Водорозчинні та жиророзчинні вітаміни. Вітаміни та коферменти. <i>Вітамін А.</i> Будова, біологічна роль та ізомеризація в процесі функціонування. <i>Вітамін В1,</i> тіамінмонофосфат та кокарбоксилаза; їх роль в декарбоксилюванні α-кетокислот та лікування хвороби бері-бері. <i>Вітамін В2</i> (рибофлавін) та флавінові коферменти, участь в системах оксидаз та дегідрогеназ.

	<i>Вітамін В3</i> (пантотенова кислота), кофермент А та його біосинтетична роль. <i>Вітамін В5</i> (ніацин) і ніацинамід, його коферменти (NAD і NADP) та їх роль в складі оксидоредуктаз, біосинтез ніацину. <i>Вітамін В6</i> (адермін), піридоксин, піридоксаль та піридоксамін. <i>Вітамін В9</i> (фолієва кислота), його кон'югати з глютаміновою кислотою та тетрагідрофолієвою кислотою. Лікування анемії та променевої хвороби. Антагоністи фолієвої кислоти для лікування лейкозів та лейкемій. Історія відкриття та застосування сульфамідних препаратів як перших хіміотерапевтичних засобів для боротьби з інфекційними захворюваннями. <i>Вітамін В12</i> (оксикобаламін), його біологічна роль та застосування для боротьби із захворюваннями кровотворної системи. <i>Вітамін С</i> (аскорбінова кислота): будова, реакційна здатність, таутомерія та біологічна роль. Методи промислового отримання. <i>Вітаміни D</i> та їх провітаміни. Механізм біосинтезу. Діючі форми. Біологічна роль. <i>Вітаміни Е</i> (токофероли) та наслідки Е-авітамінозу. <i>Вітамін Н</i> (біотин). <i>Вітаміни К</i> і нормалізація згортання крові. <i>Вітаміни Q</i> (убіхінон) в регуляції транспорту електронів та окисного фосфорилування. <i>Терпени і терпеноїди</i>. Номенклатура та класифікація. Уявлення про основні шляхи біосинтезу природних сполук. Монотерпени (камфора, ментол, гераніол і ін.) та їх використання в медицині і парфумерній промисловості. <i>Стероїди</i>. Стероїди як тетрациклічні тритерпени. Біосинтез з сквалена. Холестерин і рослинні стерини: структура та біологічна функція. Естери холестерину, ліпопротеїни високої і низької щільності, клінічна роль при атеросклерозі, відкладення жовчних каменів. Повний синтез холестерину. Жовчні кислоти. Біосинтез в печінці та біологічна роль. Використання в біохімії та біоорганічній хімії. Прогестерон: біосинтез і біологічна роль. Синтетичні аналоги та контрацептиви. Статеві гормони: естроген і андрогени. Біосинтез та біологічна роль. Особливості структури та біологічної активності естрогенів (естрон, естріол і естрадіол. Синтетичні андрогенні препарати, анаболіки. Гормони кори надниркових залоз: глюкокортикоїди і мінералокортикоїди. Біосинтез основних представників та біологічне значення. <i>Нейромедіатори і гормони</i>. Ацетилхолін і інгібітори ацетилхолінестерази. Природні і синтетичні інгібітори ацетилхолінових рецепторів. Нейромедіатори і гормони – похідні амінокислот. Будова і функціональна роль адреналіну, дофаміну, γ-аміномасляної кислоти. Простагландини. <i>Фітогормони та синтетичні регулятори росту рослин</i>. Класифікація фітогормонів та їх синтетичних аналогів, біосинтез фітогормонів в клітинах рослин, фізіологічні та молекулярно-клітинні механізми аспекти дії фітогормонів, застосування фітогормонів та їх синтетичних аналогів в
--	---

		сільському господарстві. <i>Пестициди.</i> Основні групи гербіцидів за характером дії (інгібітори фотосинтезу, інгібітори транспорту фітогормонів, інгібітори ферментів та інші). Структура інсектицидів піретроїдної природи. Хлороорганічні інсектициди.
--	--	---

5. ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

- ✓ Активні освітні технології: лекції, семінари.
- ✓ Супровід лекцій візуальним матеріалом у вигляді слайдів, підготовлених з використанням сучасних комп'ютерних технологій (програмний пакет презентацій Microsoft Office Powerpoint), що проєктуються на екран за допомогою відеопроєктора, а також результатів комп'ютерного моделювання фізико-хімічних процесів.
- ✓ Використання спеціального програмного забезпечення та інтернет-ресурсів для навчання в ході самостійних робіт.

6. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ АСПІРАНТІВ. ФОРМА КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ.

Види самостійної роботи:

- ✓ в домашніх умовах,
- ✓ в читальному залі бібліотеки,
- ✓ на комп'ютерах з доступом до баз даних та ресурсів Інтернет,
- ✓ в лабораторіях з доступом до лабораторного обладнання та приладів.

Самостійна робота підкріплюється навчально-методичним та інформаційним забезпеченням, що включає підручники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, навчальне та наукове програмне забезпечення, ресурси Інтернет.

Форма контролю знань - іспит у кінці курсу.

7. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ.

Критерії оцінювання здобувачів регламентовані «Положенням про порядок оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів третього освітньо-наукового рівня» ІБОНХ ім. В. П. Кухаря НАН України. Положення має на меті удосконалення системи контролю якості знань здобувачів наукового ступеня доктор філософії, сприяння формуванню системних і систематичних знань та ефективній самостійній роботі здобувачів третього освітньо-наукового рівня упродовж семестру та усього періоду навчання,

підвищення об'єктивності оцінювання знань та адаптацію до вимог, визначених Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою залікових СКТС-кредитів. Положення регламентує організацію поточного, підсумкового та екзаменаційного контролю знань здобувачів третього освітньо-наукового рівня, проведення практик.

Види контролю та їх визначення.

Система оцінювання знань, умінь та навичок аспірантів, набутих під час навчання, містить такі складники:

- поточний контроль результатів навчальної діяльності аспірантів та оцінювання її результатів під час вивчення обов'язкових і вибіркових дисциплін;
- підсумковий контроль результатів навчальної діяльності аспірантів та оцінювання її результатів після вивчення обов'язкових і вибіркових дисциплін;
- оцінювання кваліфікаційних екзаменів;
- поточна і підсумкова атестація індивідуального плану здобувача.

Питання екзаменаційних білетів

1. Амінокислоти. Номенклатура, хімічні властивості, стереохімія.
2. Первинна структура білків. Стратегія і тактика дослідження первинної структури білків.
3. Просторова будова білків: вторинна, третинна, четвертинна. Методи дослідження просторової будови білків і пептидів.
4. Хімічний синтез пептидів. Методи захисту функціональних груп і утворення пептидного зв'язку.
5. Біологічна роль білків. Ферменти. Принципи ферментативної кінетики.
6. Активні центри ферментів. Механізм дії ферментів (на прикладі хімотрипсину, лізоциму, карбоксипептидази А).
7. Інгібітори та активатори ферментів. Вплив рН і температури на активність ферментів.
8. Хімічна модифікація білків і пептидів. Біфункціональні реагенти. Біоспецифічна модифікація білків.
9. Білки імунної системи. Структура і функції антитіл. Антигени тканинної сумісності. Білки системи зсідання крові і фібринолізу.
10. Аденілатциклазна система і рецепції гормонів. Холінорецептори. Рецептори імунної системи.
11. Білки-гормони. Механізм дії пептидно-білкових гормонів. Окремі представники білкових гормонів (інсулін, соматотропін та ін.).
12. Біологічна роль пептидів. Пептидні гормони, токсини, антибіотики. Пептиди зі смаковими якостями.

13. Мембрани нервової клітини. Збуджені і синаптичні мембрани. Нейротоксини як інгібітори проведення нервового імпульсу.
14. Білки м'язів та з'єднувальних тканин. Структура м'язів. Колаген, еластин, фіброїн, кератин.
15. Первинна структура нуклеїнових кислот. Аналіз нуклеотидного складу і кінцевих груп. Методи встановлення послідовності нуклеотидів.
16. Нуклеїнові основи, нуклеозиди, мононуклеотиди. Будова, фізичні та хімічні властивості.
17. Просторова структура нуклеїнових кислот. Денатурація, ренатурація і гібридизація. Конформація тРНК.
18. Процеси з участю нуклеїнових кислот. Реплікація, транскрипція, трансляція. Активація амінокислот: тРНК і аміноацил-тРНК-синтетази.
19. Хімічна модифікація компонентів нуклеїнових кислот.
20. Ферменти біосинтезу нуклеїнових кислот (ДНК- та РНК-полімерази, ДНК- та РНК-лігази).
21. Хіміко-ферментативний синтез фрагментів ДНК. Галузі використання синтетичних олігонуклеотидів.
22. Структура нуклеопротейдних комплексів (хроматин, нуклеосоми, рибосоми). Проблеми нуклеїново-білкового впізнавання.
23. Генна інженерія. Способи з'єднання фрагментів ДНК. Плазмідні і бактеріофаги. Трансформація, трансфекція, клонування і селекція.
24. Полісахариди: рослинного (целюлоза, крохмал) та тваринного походження (глікоген, хітин), їх біологічні функції.
25. Глікопротеїни і протеоглікани, їх біологічні функції. Антигенні детермінанти групспецифічних антигенів крові
26. Хімічні методи синтезу олігонуклеотидів.
27. Захисні групи в олігонуклеотидному синтезі.
28. Жирні кислоти. Фізичні і хімічні властивості. Арахідонова кислота.
29. Простагландини і тромбоксани. Лейкотриєни. Їх будова, біосинтез із арахідонової кислоти і біологічна роль.
30. Молекулярна організація біологічних мембран. Загальна характеристика мембранних білків і ліпідів. Штучні мембрани.
31. Вітаміни, їх значення. Хімічний синтез вітаміну С. Нікотинова кислота.
32. Основні принципи пошуку та створення синтетичних лікарських препаратів. Окремі головні класи.
33. Антибіотики: пеніциліни, цефалоспорини, хлорамфенікол та ін. Загальні поняття про будову і використання.
34. Стероїдні гормони, їх біологічна роль. Загальні поняття про механізм дії.
35. Загальні принципи гормональної регуляції рослин. Класифікація природних фітогормонів та їх синтетичних аналогів.
36. Роль фітогормонів та їх синтетичних аналогів в регуляції процесів росту і розвитку рослин, їх структура, фізико-хімічні властивості та біологічна активність.
37. Використання фітогормонів та синтетичних регуляторів росту рослин в рослинництві.

38. Пестициди: гербіциди, інсектициди, фунгіциди. Хімічна природа, біологічна роль, практичне застосування.

8. НАВЧАЛЬНО - МЕТОДИЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова:

1. Nelson, D.L. and Cox, M.M. (2017). Lehninger Principles of Biochemistry. 7th Edition, W.H. Freeman, New York, 1328.
2. Б.С. Зіменковський, В.А.Музиченко. Біоорганічна хімія. Вид. "Кварт", Львів, 2009.
3. В.П.Черних, Б.С. Зіменковський, І.С.Гриценко. Органічна хімія. Вид. "Оригінал", Харків, 2008.
4. В.К. Яцимирський, В.О.Павленко, І.О.Савченко, Ю.М. Воловенко, В.Г. Сиром'ятніков. Хімія для університетів. Вид. Перун, Київ, 2010.
5. Губський Ю.І. Біологічна хімія: Підручник.— Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. —508 с
6. О. В. Стеценко, Р. П. Виноградова. Біоорганічна хімія. К.: Вища школа, 1992, 327 с.
7. С.І. Коваленко та ін. Органічна хімія. Гетероциклічні та природні сполуки : навчальний посібник для самостійної підготовки до практичних занять студентів II курсу фармацевтичних факультетів, спеціальності «Фармація, промислова фармація». Запоріжжя: ЗДМУ, 2020. – 139 с.
8. Остапченко Л.І., Гребіник Д.М. Біохімія нуклеїнових кислот. Навчальний посібник. Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Навчально-науковий центр «Інститут біології». Кафедра біохімії, 2013, 290 с.
9. Калінін Ф.Л. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві.- К.: «Урожай» - 1989.- 168 с.
10. Терек О.І. Ріст і розвиток рослин: навчальний посібник. – Львів, Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. 2011. – 328с.
11. Мельничук М.Д., Кляченко О.Л. Біотехнологія в агросфері: Навчальний посібник. – К., 2014. – 245 с.
12. Мусієнко М.М., Панюта О.О. Біотехнологія рослин. Навчальний посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – 114 с.
13. Li J., Li C., Smith S. M. Hormone Metabolism and Signaling in Plants. 1st Edition. Elsevier Ltd. 2017. 597 p.
14. Циганкова В.А., Броварець В.С., Ємець А.І., Блюм Я.Б. Перспективи розробки в Україні регуляторів росту рослин на основі азолів, азинів та їх конденсованих похідних. Синтез і біоактивність функціоналізованих азотовмісних гетероциклів / за ред. А.І. Вовка. Київ : Інтерсервіс, 2021. С. 246 – 287.

15. Basra A.S. (Ed). Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture: Their Role and Commercial Uses. Haworth Press, Inc., New York, London, Oxford, 2000, 264 p.
16. George E.F., Hall M.A., De Klerk G.J. Plant Growth Regulators. In: Plant Propagation by Tissue Culture. 3rd Ed. Springer, 2008. P. 503 p.
17. Altman A., Hasegawa P.M. Plant Biotechnology and Agriculture: Prospects for the 21st Century. Academic Press, Elsevier, USA, 2012, 201, 624 p.
18. Joule J.A., Mills K. (Eds). Heterocyclic Chemistry at a Glance. John Wiley & Sons, Ltd., 2012, 2nd ed., 230 p.
19. Quin L.D., Tyrell J.A. (Eds). Fundamentals of heterocyclic chemistry: Importance in Nature and in the Synthesis of Pharmaceuticals. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2010, 344 p.
20. Tsygankova V.A., Blyuss K.B., Shysha E.N., Biliavska L.A., Iutynska G.A., Andrusevich Ya. V., Ponomarenko S.P., Yemets A.I. and Blume Ya.B. Using Microbial Biostimulants to Deliver RNA Interference in Plants as an Effective Tool for Biocontrol of Pathogenic Fungi, Parasitic Nematodes and Insects. Chapter 6. P. 205-319. In: "Research Advances in Plant biotechnology". **Series: Plant Science Research and Practices / Ed. Ya.B. Blume.** USA: Nova Science Publishers, Inc., 2020. 270 p. ISBN: 978-1-53616-432-9. <https://novapublishers.com/shop/research-advances-in-plant-biotechnology/>
21. Tsygankova V. A., Andrusevich Ya.V., Shtompel O. I., Solomyanny R. M., Hurenko A. O., Frasinuk, Mrug G.P., Shablykin O.V., Pilyo S. G., Kornienko A. M. & Brovarets V. S. New Auxin and Cytokinin Related Compounds Based on Synthetic Low Molecular Weight Heterocycles/ V.A.Tsygankova et al. Chapter 16. P. 353–377. In: Aftab T. (Ed.) Auxins, Cytokinins and Gibberellins Signaling in Plants. Signaling and Communication in Plants. Springer Nature Switzerland AG. 2022. 377 p.
22. Tsygankova V.A., Spivak S.I., Shysha E.N., Pastukhova N.L., Biliavska L.A., Iutynska G.A., Kyrylenko V.M., Yemets A.I., Blume Ya.B. The role of polycomponent biostimulants in increasing plant resistance to the biotic and abiotic stress factors. Pp. 1 – 86. Chapter 1. In: Agricultural Research Updates. Vol. 46. Editor(s): Prathamesh Gorawala and Srushti Mandhatri. Nova Science Publishers, Inc., NY, USA. 2023, 307 p. <https://novapublishers.com/shop/agricultural-research-updates-volume-43/>
23. The Monograph "Novel Aspects on Chemistry and Biochemistry Vol.1" / Ed. Dr. Tsygankova Victoria Anatolyivna. Book Publisher International. SCIENCEDOMAIN international Ltd. India.United Kingdom. 2023. 178 p. ISBN 978-81-19217-26-7 (Print), ISBN 978-81-19217-06-9 (eBook). DOI: [10.9734/bpi/nacb/v1](https://doi.org/10.9734/bpi/nacb/v1).
24. The Monograph "Novel Aspects on Chemistry and Biochemistry Vol. 4" / Ed. Dr. Tsygankova Victoria Anatolyivna. Book Publisher International. SCIENCEDOMAIN international Ltd. India.United Kingdom. 2023. 182 p. ISBN 978-81-19491-04-9 (Print), ISBN 978-81-19491-05-6 (eBook), DOI: [10.9734/bpi/nacb/v4](https://doi.org/10.9734/bpi/nacb/v4).

Допоміжна:

1. Фізіологія рослин: практикум / О.В. Войцехівська, А.В. Капустян, О.І. Косик та ін. За заг.ред. Т.В. Паршикової – Луцьк: Терен, 2010. – 420 с.
2. Косаківська І.В., Войтенко Л.В., Васюк В.А., Веденичова Н.П., Бабенко Л.М., Щербатюк М.М. Фітогормональна регуляція проростання насіння. *Фізіологія рослин і генетика* 2019, том 51, № 3, 187-206.
3. Rigal A., Ma Q., Rober S. Unraveling plant hormone signaling through the use of small molecules. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5, Article 373. P. 1–20.
4. Serrano M., Kombrink E., Meesters C. Considerations for designing chemical screening strategies in plant biology. *Frontiers in Plant Science*. 2015. Vol. 6. P. 1–
5. Dejonghe W., Russinova E. Plant Chemical Genetics: From Phenotype-Based Screens to Synthetic Biology. *Plant Physiology*. 2017. Vol. 174. P. 5–20
6. Saini M.S., Kumar A., Dwivedi J., Singh R. A review: biological significances of heterocyclic compounds, *International Journal of Pharma Sciences and Research (IJPSR)*, 2013; 4(3): 66-77. <https://www.ijpsr.info/docs/IJPSR13-04-03-005.pdf>
7. Tsygankova V., Andrushevich Ya., Shtompel O., Romaniuk O., Yaikova M., Hurenko A., Solomyanny R., Abdurakhmanova E., Klyuchko S., Holovchenko O., Bondarenko O., Brovarets V. Application of Synthetic Low Molecular Weight Heterocyclic Compounds Derivatives of Pyrimidine, Pyrazole and Oxazole in Agricultural Biotechnology as a New Plant Growth Regulating Substances. *Int J Med Biotechnol Genetics*. 2017; S2:002: 10 - 32. <https://scidoc.org/IJMBG-2379-1020-S2-002.php>
8. Tsygankova V., Andrushevich Ya., Kopich V., Shtompel O., Pilyo S., Kornienko A.M, Brovarets V. Use of Oxazole and Oxazolopyrimidine to Improve Oilseed Rape Growth. *Scholars Bulletin*. 2018. 4(3): 301–312. https://www.academia.edu/36455550/Application_of_Oxazole_and_Oxazolopyrimidine_as_New_Effective_Regulators_of_Oilseed_Rape_Growth
9. Могільнікова І.В., Циганкова В.А., Соломянний Р.М., Броварець В.С., Білько Н.М., Ємець А.І. Скринінг рістстимулювальної активності синтетичних сполук – похідних піримідину. *Допов. Нас. akad. nauk Ukr*. 2020. Т. 10. С. 62–70. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.10.062>
10. Mohilnikova I.V., Tsygankova V.A., Gurenko A.O., Brovarets V.S., Bilko N.M., Yemets A.I. Influence of pyrazole derivatives on plant growth and development *in vivo* and *in vitro*. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr*. 2021. Vol. 6. P. 108-119. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2021.06.108>.
11. Tsygankova V. A., Voloshchuk I. V., Klyuchko S. V., Pilyo S. G., Brovarets V. S., Kovalenko O. A. The effect of pyrimidine and pyridine derivatives on the growth and productivity of sorghum. *International Journal of Botany Studies*. 2022. Vol. 7, N 5. P. 19–31. https://www.academia.edu/78664939/The_effect_of_pyrimidine_and_pyridine_derivatives_on_the_growth_and_productivity_of_Sorghum
12. Tsygankova V.A., Voloshchuk I.V., Andrushevich Ya.V., Kopich V.M., Pilyo S.G., Klyuchko S.V., Kachaeva M.V., Brovarets V.S. Pyrimidine derivatives as

analogues of plant hormones for intensification of wheat growth during the vegetation period. Journal of Advances in Biology. 2022. Vol. 15. P. 1–10. <https://doi.org/10.24297/jab.v15i.9237>.

13. Tsygankova V.A., Oliynyk O.O., Kvasko O.Yu., Pilyo S.G., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Effect of Plant Growth Regulators Ivin, Methyur and Kamethur on the Organogenesis of Miniature Rose (*Rosa mini* L.) In Vitro. International Journal of Medical Biotechnology & Genetics. 2022. S1:02:001: P. 1–8. https://www.researchgate.net/publication/365212241_Effect_of_Plant_Growth_Regulators_Ivin_Methyur_and_Kamethur_on_the_Organogenesis_of_Miniature_Rose_Rosa_mini_L_in_Vitro

14. Tsygankova V.A., Andreev A.M., Andrusevich Ya.V., Pilyo S.G., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Use Of Synthetic Plant Growth Regulators In Combination With Fertilizers to Improve Wheat Growth. Int J Med Biotechnol Genetics. 2023; S1:02:002:9-14. URL: <http://scidoc.org/IJMBGS1V2.php>

15. Tsygankova V.A., Andrusevich Ya.V., Kopich V.M., Voloshchuk I.V., Pilyo S.G., Klyuchko S. V., Brovarets V.S. Application of pyrimidine and pyridine derivatives for regulation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth. International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT). 2023. Vol.8. Issue 6. P. 19 – 28. DOI: [10.5281/zenodo.8020671](https://doi.org/10.5281/zenodo.8020671). URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8020671>

16. Tsygankova V.A., Voloshchuk I.V., Kopich V.M., Pilyo S.G., Klyuchko S. V., Brovarets V.S. Studying the effect of plant growth regulators Ivin, Methyur and Kamethur on growth and productivity of sunflower. Journal of Advances in Agriculture. 2023. Vol.14. P. 17 – 24. DOI: <https://doi.org/10.24297/jaa.v14i.9453>.

17. Tsygankova V.A., Voloshchuk I.V., Pilyo S.H., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Enhancing Sorghum Productivity with Methyur, Kamethur, and Ivin Plant Growth Regulators. Biology and Life Sciences Forum. 2023. 27(1): 36. <https://doi.org/10.3390/IECAG2023-15222>

18. Pidlisnyuk V., Mamirova A., Newton R. A., Stefanovska T., Zhukov O., Tsygankova V., and Shapoval P. (2022). The role of plant growth regulators in *Miscanthus × giganteus* utilisation on soils contaminated with trace elements. Agronomy. 12(12): 2999. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122999>.

19. Tsygankova V.A., Andrusevich Ya.V., Vasylenko N.M., Pilyo S.G., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Screening of Auxin-like Substances among Synthetic Compounds, Derivatives of Pyridine and Pyrimidine. J Plant Sci Phytopathol. 2023. 7: 151-156. DOI: 10.29328/journal.jpssp.1001121.

20. Krupodorova, T., Barshteyn, V., Tsygankova, V., Sevindik, M., Blume, Ya. Strain-specific features of *Pleurotus ostreatus* growth *in vitro* and some of its biological activities. BMC Biotechnol. (2024). 24, 9. <https://doi.org/10.1186/s12896-024-00834-9>.

21. Tsygankova V.A., Kopich V.M., Vasylenko N.M., Andrusevich Ya.V., Pilyo S.G., Brovarets V.S. Phytohormone-like effect of pyrimidine derivatives on the vegetative growth of haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Polish Journal of Science. 2024. 1(71): 6 – 13. DOI: [10.5281/zenodo.10675232](https://doi.org/10.5281/zenodo.10675232).