

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра фізіології та екології рослин

Затверджено
на засіданні кафедри фізіології та екології рослин
біологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 12 від 17 лютого 2025 р.)

Завідувач кафедри _____


Мирослава КОБИЛЕЦЬКА

Силабус з навчальної дисципліни
«Фітогормони в біотехнології»
що викладається в межах ОПП **«Біотехнології та біоінженерія»**
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 162. **Біотехнології та біоінженерія**

Львів 2025

Назва дисципліни	Фітогормони в біотехнології
Адреса викладання дисципліни	вул. Саксаганського, 1, 79005, Львів ауд.301
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра фізіології та екології рослин
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	16 Хімічна та біоінженерія 162. Біотехнології та біоінженерія
Викладачі дисципліни	Романюк Н.Д., доцент кафедри фізіології та екології рослин
Контактна інформація викладачів	nataliya.romanyuk@lnu.edu.ua
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	щопонеділка, 13:10–13:30 год (вул. Саксаганського,1 , ауд. 301)
Сторінка дисципліни	-
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Фітогормони в біотехнології» є дисципліною вільного вибору студентів зі спеціальності <i>A 162. Біотехнології та біоінженерія</i> для освітньої програми, яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 6-ти кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс спрямований на вивчення ролі рослинних гормонів у регуляції росту та розвитку рослин, а також їх практичного застосування в біотехнологічних процесах. У рамках курсу здобувачі ознайомляться з основними класами фітогормонів (ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизова кислота, етилен, брассиностероїди та інші), механізмами їхньої дії на клітинному та молекулярному рівнях, а також з методами регулювання фітогормонального балансу <i>in vitro</i> та <i>in vivo</i> . Особлива увага приділяється використанню фітогормонів у мікроклональному розмноженні, калусогенезі, органогенезі, соматичній ембріогенезі, а також у створенні генетично модифікованих рослин.
Мета та цілі дисципліни	Метою курсу є забезпечення послідовного глибокого розуміння фітогормональної регуляції від елементарних понять до комплексних біотехнологічних застосувань, розвиток критичного мислення та дослідницьких компетентностей. Наприкінці курсу здобувачі зможуть: застосовувати розуміння багаторівневого фітогормонального регулювання (молекулярний, клітинний, органний, організмовий рівні), прогнозувати наслідки використання фітогормонів на різних рівнях організації рослин, розробляти та оптимізувати методики з використанням фітогормонів для вирішення складних біотехнологічних завдань
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. <u>Біотехнологія рослин</u> : [навчальний посібник] / Т.М.Сатарова, О.Є.Абраїмова, А.І.Вінніков, А.В.Черенков. – Дніпропетровськ : Адверта, 2016. – 136 с.

	<p>2. Taiz, L., et al. (2023). Plant Physiology and Development (8th ed.). Sinauer Associates.</p> <p>3. Пацула О.І., Терек О.І. (2011) Ріст і розвиток рослин. Львів. Вид-во ЛНУ. 2011. – 328 с.</p> <p>4. Davies, P.J. (Ed.). (2010). Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. Springer.</p> <p>5. Weigel, D., Jürgens, G. (2002). Morphogenesis and Pattern Formation in Plants. Current Biology, 12(8), R296-R306.</p> <p style="text-align: center;">Додаткова література:</p> <p>1. Gahlawat, S et al. (2017). Plant Biotechnology: Recent Advancements and Developments. 2. Santner, Aaron & Estelle, Mark. (2009). Recent advances and emerging trends in plant hormone signaling. Nature. 459. 1071-8. 10.1038/nature08122. 3. Marzec, M. & Alqudah, A. (2018). Key Hormonal Components Regulate Agronomically Important Traits in Barley. International Journal of Molecular Sciences. 19. 10.3390/ijms19030795.</p>
Обсяг курсу	64 годин аудиторних занять. З них 32 годин лекцій, 32 години практичні роботи та 116 год самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде: <ul style="list-style-type: none"> .знати видовий склад і можливості використання рослин при викладанні біології в школі .вміти самостійно працювати науковою літературою. аналізувати події та факти, застосовувати отримані знання і навички проведення наукових експериментів, збору та аналізу даних в освітньому процесі середньої школи та повсякденному житті.
Ключові слова	Біотехнологія рослин, фітогормони, трансдукція сигналу, механізм дії, застосування
Формат курсу	очний
	Проведення лекцій, практичних занять та консультації для кращого розуміння тем
Тем	Перелік тем наведено у формі СХЕМИ КУРСУ**
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін: фізіології і біохімії рослин, молекулярної біології, генетики
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), практичні заняття, розповіді, пояснення, дискусії.
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор
Критерії оцінювання (окремо для кожного	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:

<p>виду навчальної діяльності)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • контрольні заміри (модулі): 30 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 30. • груповий проект – 25 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 25. • створення словника в системі Moodle - 15 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 15. • практичні заняття 30 % семестрової оцінки. Максимальна кількість балів – 30. <p>Академічна доброчесність: очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів завдань, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній і груповій роботі. При цьому обов'язково враховується присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття.; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання для підготовки до модульного контролю</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які основні етапи біосинтезу ауксину? 2. Як цитокінін впливає на клітинне ділення? 3. У чому полягає антагонізм між ауксином і цитокініном? 4. Які рецептори відповідають за сприйняття цитокініну? 5. Як змінюється морфогенез при зміні співвідношення ауксину і цитокініну? 6. Які нові відкриття стосуються рецепторів ауксину? 7. Як відбувається трансдукція сигналу ауксину? 8. Які молекулярні механізми лежать в основі дії гіберелінів? 9. Як DELLA-протеїни регулюють активність гіберелінів? 10. Який біохімічний шлях біосинтезу абсцизової кислоти? 11. Як абсцизова кислота сприяє закриттю продихів? 12. Які рецептори сприймають сигнал АБК?

	<ol style="list-style-type: none"> 13. Як етилен впливає на дозрівання плодів? 14. Який механізм дії етилену через CTR1? 15. Як гормони взаємодіють під час стресу? 16. Які приклади перехресного впливу гормонів при абіотичному стресі? 17. Як гормональна сигналізація еволюціонувала від бактерій до рослин? 18. Яку роль відіграє ауксин у формуванні проростка? 19. Як гібереліни впливають на розвиток кореневої системи? 20. Що таке апікальна домінантність і як вона регулюється? 21. Як змінюється розвиток проростків при зміні гормональних концентрацій? 22. Які гормони беруть участь у переході до репродуктивної фази? 23. Як флориген взаємодіє з гібереліном і цитокініном? 24. Які гормони регулюють мейоз у квіткових органах? 25. Як етилен впливає на запах і колір плодів? 26. Які механізми контролюють дозрівання насіння? 27. Як гормони регулюють входження насіння в спокій? 28. Які гормональні протоколи використовуються для мікроклонального розмноження? 29. Що таке калюсогенез і як він контролюється гормонами? 30. Як індукується соматична ембріогенез? 31. Які методи використовуються для отримання вірус-вільних рослин? 32. Як гормони впливають на культуру пиляків? 33. Які проблеми виникають при мікроклональному розмноженні? 34. Як подолати соматичну варіабельність? 35. Які гормони використовуються для трансформації рослин? 36. Як CRISPR/Cas9 застосовується для редагування гормональних генів? 37. Які гени є мішенями для гормональної інженерії? 38. Які методи використовуються для аналізу фітогормонів? 39. У чому переваги LC-MS/MS порівняно з HPLC? 40. Як аналіз гормонального профілю допомагає у селекції? 41. Які маркери гормональної активності використовуються у скринінгу? 42. Як працюють біореактори для масового розмноження рослин? 43. Які параметри культури автоматизуються у біотехнології? 44. Як оцінити економічну ефективність гормональних режимів? 45. Які перспективи має синтетична біологія у гормональній регуляції?
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Тиждень	Тема занять (короткий перелік)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1-2	<p>Що таке фітогормон? Визначення, властивості, критерії. Загальна класифікація. Історія вивчення рослинних гормонів від класичних експериментів до сучасності. Основні класи рослинних гормонів: ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизова кислота, етилен, брасиностероїди. Пептидні гормони рослин. Первинні ефекти кожного класу.</p> <p>Семінар Історія розкриття гормональної природи фітогормонів. Обговорення класичних експериментів Вента Холодного та їх інтерпретація. Критичний аналіз методів дослідження того часу.</p> <p>Поняття фітогормону, порівняно з тваринами та мікроорганізмами.</p> <p>Доповіді студентів про сигнальні молекули у рослин.</p>	<p>Лекції – 4 год, практи. заняття – 4 год, самостійна робота – 10 год</p>	<p>Буде наведена в системі Moodle на сторінці курсу</p>	<p>2 тижні</p>
3-4	<p>Як гормони змінюють спостережувану форму та функцію рослин? Поняття рецептора. Базові механізми трансдукції сигналу. Вторинні посередники: кальцій, IP₃, DAG. Фосфорилування білків як центральний механізм. Експресія генів як відповідь на гормональний сигнал.</p>	<p>Лекції – 4 год, практи. заняття – 4 год, самостійна робота – 10 год</p>	<p>Див. Moodle, на сторінці курсу</p>	<p>2 тижні</p>

	Взаємодія гормональних шляхів: синергізм та антагонізм.			
5-6	<p>Ауксини: молекулярна структура, біосинтез, транспорт та розподіл. Рецептори ауксину (TIR1/AFB) та механізми дії через Aux/IAA протеїни. Ефекти на розтягування клітин та диференціювання.</p> <p>Цитокініни: структура та біосинтез. Рецептори цитокініну (CRE1/AHK4) та фосфорилування в каскаді. Роль цитокініну у клітинному поділі та затримці старіння.</p> <p>Антагонізм ауксину та цитокініну у морфогенезі.</p> <p>Вплив співвідношення ауксин:цитокінін на напрямок морфогенезу.</p> <p>Органогенеза та ембріогенеза на змінених режимах.</p> <p>Укорінення живців з різними концентраціями ауксину. Утворення пагонів під впливом цитокініну.</p>	Лекції – 3 год, практич. заняття – 3 год, самостійна робота – 12 год	Див. Moodle, на сторінці курсу	2 тижні

6-7	<p>Гібереліни: структура, біосинтез. Механізм дії гіберелінів: взаємодія з DELLA протеїнами та вивільнення транскрипційних факторів. Дія на розтягування клітин та цвітіння. Абсцизова кислота: біосинтез через мевалонатний шлях. Рецептори АБК (PYR/PYL/RCAR) та гальмування PP2C. Роль АБК у закритті продихів та адаптації до стресу. Етилен: синтез з метіоніну через ACC. Рецептори етилену (ETR1) та інгібування CTR1. Механізм дії на дозрівання плодів та старіння. Вплив гіберелінів на проростання насіння та розвиток пагонів. Утворення партенокарпічних плодів. Контроль впливу АБК та етилену на закриття продихів та дозрівання. Вивчення синергії та антагонізму гормонів.</p>	<p>Лекції – 3 год, практич. заняття – 3 год, самостійна робота – 12 год</p>	<p>Див. Moodle, сторінці курсу</p>	<p>на 2 тижні</p>
8-9	<p>Еволюція гормональної сигналізації від бактерій до вищих рослин. Розвиток проростків: скоординована дія ауксину, гібереліну та цитокініну у формуванні органів. Апікальне домінування як результат розподілу ауксину. Гормональна регуляція</p>	<p>Лекції – 4 год, практич. заняття – 4 год, самостійна робота – 15 год</p>	<p>Див. Moodle, сторінці курсу</p>	<p>на 2 тижні</p>

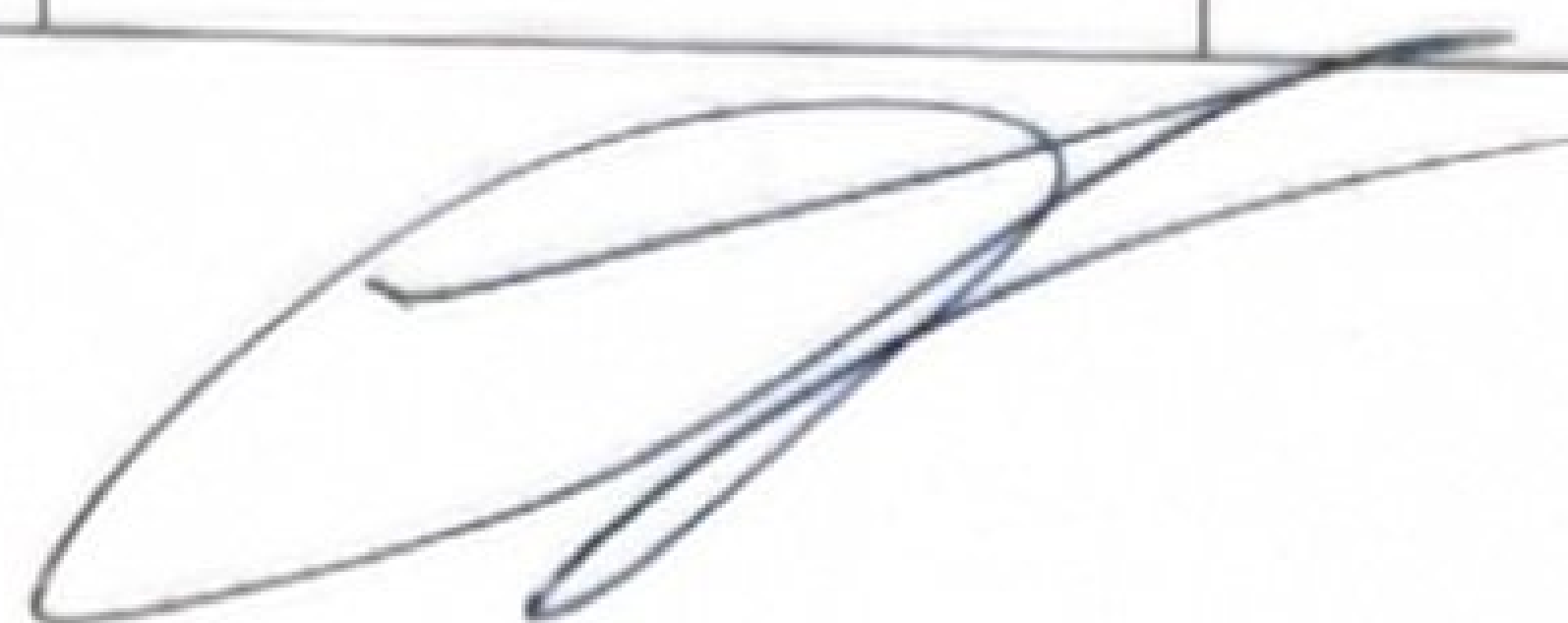
	<p>формування кореневої системи. Перехід від гетеротрофної до автотрофної фази розвитку.</p> <p>Моделювання апікального домінування видаленням верхівки та компенсацією ауксином.</p> <p>Вивчення розвитку кореневої системи на різних гормональних режимах.</p> <p>Спостереження розвитку проростків зі зміною гормональних концентрацій.</p> <p>Документування послідовності морфологічних змін.</p>			
10-11	<p>Гормональна регуляція переходу до репродукції. Взаємодія флоригену з гіберелінами та цитокініном. Розвиток квіткових органів та мейоз. Гормональна регуляція дозрівання плодів: старіння та накопичення цукрів. Роль етилену у формуванні запаху та кольору плодів. Гормональна регуляція дозрівання насіння та входження в спокій. Індукція цвітіння змінами температури та гормональної обробки. Морфогенез квіткових органів. Спостереження дозрівання плодів під впливом етилену та АБК. Вивчення накопичення цукрів та органічних</p>	<p>Лекції – 4 год, практичні заняття – 4 год, самостійна робота – 15 год</p>	<p>Див. Moodle, на сторінці курсу</p>	<p>2 тижні</p>

	кислот.			
12-13	<p>Розроблення оптимальних методик для мікроклонального розмноження різних видів. Калусогенез як проміжна стадія та контроль програмування клітин. Соматичний ембріогенез: індукція, розвиток, докування та акліматизація.</p> <p>Отримання рослин вільних від вірусів через меристемну культуру.</p> <p>Гібридизація та гаплоїдія через культуру пиляків.</p> <p>Розроблення методики для мікроклонального розмноження обраного виду. Калусогенез та органогенез.</p> <p>Індукція соматичного ембріогенезу. Адаптація до умов <i>in vivo</i> та контроль якості.</p>	<p>Лекції – 4 год, практ. заняття – 4 год, самостійна робота – 12 год</p>	<p>Див. Moodle, на сторінці курсу</p>	<p>2 тижні</p>
14	<p>Генетична трансформація як інструмент вивчення гормональної сигналізації.</p> <p>Agrobacterium-опосередкована трансформація та роль гормонів у калусогенезі.</p> <p>Проектування трансгенних рослин зі змінами гормональної активності (гіперпродукція AUX1, CYP735A, ACC, GA2ox).</p>	<p>Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 10 год</p>	<p>Див. Moodle, на сторінці курсу</p>	<p>1 тиждень</p>

	Редагування геному (CRISPR/Cas9) для отримання мутантів за генами гормональної сигналізації.			
15-16	<p>Аналітичні методи визначення фітогормонів: HPLC, GC-MS, LC-MS/MS. Аналіз гормональних профілів у різних органах та стадіях розвитку. Маркери гормональної активності як критерії селекції. Масовий скринінг генотипів за гормональними характеристиками. Масове розмноження <i>in vitro</i> та біореактори для культури рослин. Автоматизація та управління параметрами культури. Економічна оцінка біотехнологічних процесів на основі гормональних режимів. Застосування фітогормонів у точному рослинництві (precision farming) та виробництві вторинних метаболітів. Майбутні напрями: синтетична біологія, штучний інтелект у проектуванні гормональних контурів, вертикальне землеробство та контрольоване середовище. HPLC-аналіз гормонів у рослинному матеріалі різних органів. Захист комплексного проекту: розроблення гормонального</p>	Лекції – 4 год, практич. заняття – 4 год, самостійна робота – 20 год	Див. Moodle, на сторінці курсу	2 тижні

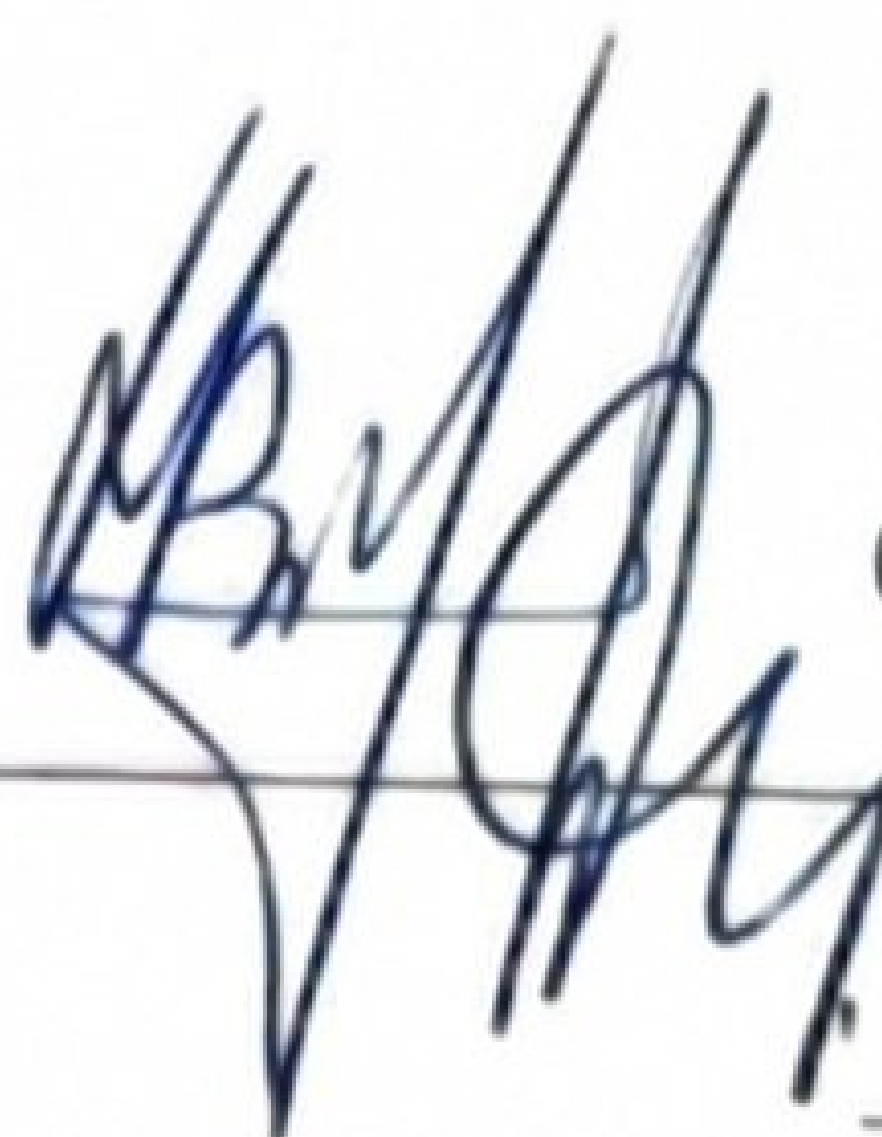
протоколу, його
обґрунтування,
експериментальну
верифікацію та
економічну оцінку.
Презентація та
обговорення результатів.
Підсумки

Автор



Наталія РОМАНЮК

"Погоджено"



Голова методичної ради
біологічного факультету
Віталій ГОНЧАРЕНКО

10 " лютого 2025 р.

Гарант ОПП «Біотехнології та біоінженерія»



Віктор ФЕДОРЕНКО

10. 02 2025 р.