

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**  
**“БІОТЕХНОЛОГІЯ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ РОСЛИН”,**  
**що викладається в межах ОПШ Біотехнології та біоінженерія**  
**першого (бакалаврського) рівня освіти**  
**для здобувачів спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія**

Львів 2025

<b>Назва дисципліни</b>	Біотехнологія вторинних метаболітів рослин
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4 Біологічний факультет
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Біологічний факультет, кафедра фізіології та екології рослин
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	16 Хімічна і біоінженерія 162 Біотехнології та біоінженерія
<b>Викладачі дисципліни</b>	Завідувач кафедри фізіології та екології рослин, к.б.н., доцент Кобилецька Мирослава Степанівна
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:myroslava.kobyletska@lnu.edu.ua">myroslava.kobyletska@lnu.edu.ua</a> , Сторінка викладача – <a href="https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/kobyletska-m-s">https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/kobyletska-m-s</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю). Для питань-відповідей – група в Whatsapp. Консультації (за домовленістю) он-лайн в Zoom. Детальна інформація про курс - в системі Moodle
<b>Сторінка дисципліни</b>	
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “ Біотехнологія вторинних метаболітів рослин ” є вибірковою дисципліною зі спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія ОПІ Біотехнології та біоінженерія, яка викладається у8 семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Курс “Біотехнологія вторинних метаболітів рослин” присвячений вивченню біосинтезу, функцій та біотехнологічного потенціалу вторинних метаболітів, таких як алкалоїди, флавоноїди, терпеноїди, фенольні сполуки та інші. Здобувачі ознайомляться з основами метаболічних шляхів, ферментативних процесів та регуляції синтезу цих сполук у рослинних клітинах. Особливу увагу приділено використанню клітинних і тканинних культур <i>in vitro</i> (калусних, суспензійних, органогенних та кореневих культур) для продукування біологічно активних речовин з лікувальними, антимікробними, протипухлинними та іншими цінними властивостями. Розглядаються методи стимулювання синтезу вторинних метаболітів, зокрема генетична трансформація та культивування в біореакторах.
<b>Мета та цілі курсу</b>	Мета курсу “ Біотехнологія вторинних метаболітів рослин ” – сформувати у здобувачів знання про біотехнологічні аспекти синтезу вторинних метаболітів та вміння застосовувати ці знання для створення ефективних технологій їх виробництва в рослинних біосистемах. Програму курсу розроблено таким чином, щоби сформувати у студентів загальні і фахові компетентності:
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Основна література:</b> 1. Сергійчук, Н., Коломієць, Ю., Білявська, Л., Зінченко, Л., Ілюк, Н. <i>Вплив середовища культивування на біосинтез стероїдів Streptomyces avermitilis</i>

	<p><i>Streptomyces avermitilis</i> УКМ Ас-2179 (54) — Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2024.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Потапенко, К. С., Коротаєва, Н. В., Іваниця, В. О. <i>Вторинні метаболіти з антибіотичною активністю морських актинобактерій</i> — журнал «Мікробіологія і біотехнологія», 2021.</li> <li>3. Парфенюк, А. І., Гаврилюк, Л. В., Косовська, Н. А., Безноско, І. В., Драга, М. В. <i>Вплив екзометаболітів рослин різних сортів сої на агресивність та інтенсивність споруляції <i>Fusarium graminearum</i> Schwabe</i> — Збалансоване природокористування, 2021.</li> <li>4. <i>Production of Plant Secondary Metabolites Using Plant Tissue Culture and Bioreactor Culture Techniques</i>. Edited by Kee-Yoeup Paek, Hosakatte A. Niranjana Murthy et al. — MDPI Books, 2024.</li> <li>5. <i>Plant Tissue Culture and Secondary Metabolites Production</i>. Edited by Laura Pistelli, Kalina Danova — MDPI Books, 2023.</li> <li>6. <i>Plant Specialized Metabolites: Phytochemistry, Ecology and Biotechnology</i>. Jean-Michel Mérillon, Kishan Gopal Ramawat (ред.), Springer Cham, 2023-2025.</li> <li>7. <i>Biotechnological Approaches to Enhance Plant Secondary Metabolites: Recent Trends and Future Prospects</i>. Mohd. Shahnawaz (editor), CRC Press, 2022.</li> <li>8. <i>Secondary Metabolites and Biotherapeutics (Developments in Applied Microbiology and Biotechnology)</i>. Awanish Kumar, Sunil Kumar (ред.), Academic Press, 2024.</li> </ol> <hr/> <p><b>Додаткова література</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lukatkin, A. S., &amp; Javed, S. B. (2023). <i>From Nature to Lab: A Review of Secondary Metabolite Biosynthetic Pathways, Environmental Influences, and In Vitro Approaches</i>. <i>Metabolites</i>, 13(8):895.</li> <li>2. <i>Plant Tissue Culture and Secondary Metabolite Production Volume II</i>. (Special Issue, <i>Plants</i>, 2023).</li> <li>3. Ramadani, M. R. N., &amp; Jadid, N. (2024). <i>A comprehensive review of in vitro precursor feeding strategies for the overproduction of high-value plant secondary metabolites</i>. <i>Arabian Journal of Chemistry</i>.</li> <li>4. Lyubenova, A., Georgieva, L., &amp; Antonova, V. (2023). <i>Utilization of plant secondary metabolites for plant protection</i>. <i>Biotechnology &amp; Biotechnological Equipment</i>, 37(1). Огляд ролі вторинних метаболітів для захисту рослин. <a href="https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17445019.2023.2248888">Taylor&amp;FrancisOnline</a></li> <li>5. <i>Plant Raw Material as a Source of Metabolites for Wound Healing and Anti-Scarring Product</i>. Hutsko, K. I., Petrina, R. O., et al. (2024). <i>Biotechnologia Acta</i>, V.17, No 3. Український приклад, аналіз рослинної сировини та їхніх метаболітів із терапевтичним застосуванням. <a href="http://biotechnology.kiev.ua">biotechnology.kiev.ua</a></li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	60 годин аудиторних занять, з них 30 годин лекцій, 30 годин практичних занять та 120 годин самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студенти будуть знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Класифікацію вторинних метаболітів рослин і їхні біологічні функції.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основні шляхи біосинтезу алкалоїдів, фенольних сполук, ізопреноїдів, глікозидів.</li> <li>• Роль ферментів і регуляторів у контролі вторинного метаболізму.</li> <li>• Принципи та методи культивування рослинних клітин і тканин <i>in vitro</i>.</li> <li>• Біотехнологічні стратегії підвищення продуктивності вторинних метаболітів (елісація, прекурсорний вплив, клітинна селекція, генна інженерія).</li> <li>• Методи аналітичного контролю складу та кількості вторинних метаболітів.</li> </ul> <p>Після завершення цього курсу студенти будуть <b>вміти</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проводити культивування рослинних клітин, тканин і органів у стерильних умовах.</li> <li>• Підбирати оптимальне живильне середовище та фізико-хімічні умови для накопичення вторинних метаболітів.</li> <li>• Використовувати елісатори, прекурсори та інші методи стимуляції вторинного метаболізму.</li> <li>• Аналізувати зразки за допомогою спектрофотометрії, ТШХ, ВЕРХ, ГХ-МС.</li> <li>• Інтерпретувати експериментальні результати та робити наукові висновки.</li> <li>• Планувати лабораторні експерименти з урахуванням принципів відтворюваності й безпеки.</li> <li>• Оцінювати перспективи практичного використання отриманих біопродуктів.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Вторинні метаболіти рослин, спеціалізований метаболізм, алкалоїди, фенольні сполуки, флавоноїди, терпеноїди, глікозиди, елісатори, культура клітин і тканин <i>in vitro</i> , рослинна біотехнологія, біосинтез природних сполук, метаболічна інженерія, клітинна селекція, регуляція метаболізму, біореактори, фітогормони, стрес-індукований метаболізм, фітопрепарати
<b>Формат курсу</b>	Очний
	Проведення лекцій та консультацій для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Наведено у табл. 1.
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік у кінці семестру.
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін біотехнологія, фізіологія рослин, біохімія рослин, молекулярна біологія, генетика, достатніх для сприйняття категоріального апарату особливостей курсу.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, пояснення, дискусія та ін.

Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор.
Критерії оцінювання	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• контрольні заміри (модулі): 2 по 25 балів; максимальна кількість балів – 50.</li> </ul> <p>25 балів - студент повністю володіє матеріалом;  15 балів - студент частково володіє матеріалом;  0 балів - студент не виконав завдання.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Заліковий модуль: теоретична частина – 30 балів, практична частина – 20 балів. Максимальна оцінка – 50 балів.</li> </ul> <p><b>Академічна доброчесність:</b> 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 не зарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідання занять</b> 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 письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> 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><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються 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</p>
Питання до заліку	<p>Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань подано на сторінці курсу в Moodle:</p> <p><a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3938">https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3938</a></p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1  
Схема курсу "Біотехнологія вторинних метаболітів рослин"

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	Вступ до біотехнології вторинних метаболітів рослин. Поняття про первинний і вторинний метаболізм.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Біологічне значення вторинних метаболітів.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Класифікація і функції вторинних метаболітів.	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
2	Біохімічні основи біосинтезу вторинних метаболітів.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Основні шляхи біосинтезу алкалоїдів, фенольних сполук, ізопреноїдів, глікозидів.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Ферментативне регулювання біосинтезу вторинних метаболітів.	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
3	Регуляція вторинного метаболізму в рослинних клітинах.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Генетичні, епігенетичні та сигнальні механізми регуляції.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Роль фітогормонів і сигнальних молекул в регуляції вторинного метаболізму (SA, JA, ABA, етилен).	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	4 год
4	Культура клітин і тканин рослин як інструмент біотехнології.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Основи асептики, склади живильних середовищ.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Типи культур ( <i>callus</i> , <i>cell suspension</i> , <i>organculture</i> ).	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

5	Чинники, що впливають на утворення вторинних метаболітів <i>in vitro</i> . стресові фактори.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Склад середовища, тип експланту, фітогормони, світло, температура та їх вплив на утворення вторинних метаболітів.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Вплив стресових чинників на утворення вторинних метаболітів.	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
6	Еліситори та індуктори біосинтезу вторинних метаболітів.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Біотичні та абіотичні еліситори; механізми дії.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Приклади успішної еліситації та їх застосування.	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
7	Клітинна селекція для підвищення продуктивності вторинних сполук.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Отримання високопродуктивних ліній; мутагенез.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Селекція і стабільність синтезу вторинних метаболітів.	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
8	Культура коренів ( <i>hairy roots</i> ) у біотехнології вторинних метаболітів.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Трансформація <i>Agrobacterium rhizogenes</i> .	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Особливості росту та накопичення метаболітів у культурі коренів.	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
9	Використання біореакторів для культивування рослинних клітин.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Типи біореакторів.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Умови аерації, перемішування, масштабування процесів у біореакторах.	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

10	Генетична та метаболічна інженерія вторинного метаболізму.	Лекція – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Використання CRISPR/Cas, трансгенних і редагованих ліній.	Практичне заняття – 3 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Особливості експресії ключових ферментів вторинного метаболізму.	Самостійна робота – 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

Автор

  
Мирослава КОБИЛЕЦЬКА

"Погоджено"

Голова методичної ради  
біологічного факультету  
Віталій ГОНЧАРЕНКО

10 лютого 2025 р, протокол №1

Гарант ОПП «Біотехнологія та біоінженерія»

  
Віктор ФЕДОРЕНКО