НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ БОТАНІКИ ІМЕНІ М.Г. ХОЛОДОГО НАН УКРАЇНИ

«Затверджую»
Директор Інституту ботаніки
ім. М.Г. Холодного
чл.-кор. НАН України
_____ Олександр ХОДОСОВЦЕВ
наказ № 35н від «30»вересня 2026 р.

СИЛАБУС ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Методологія дослідження фізіології і біохімії грибів

Освітня програма **Біологія**
третього (освітньо-наукового) рівня
Спеціальність **Е Природничі науки, математика та статистика**
Галузь знань **Е1 Біологія та біохімія**

«Схвалено»
Вченою радою
Інституту ботаніки
ім. М.Г. Холодного НАН України
протокол № 15
від 29 вересня 2026 р.

Київ – 2026

Опис курсу

Назва освітньої компоненти	Методологія дослідження фізіології і біохімії грибів
Тип курсу	Варіативна компонента
Адреса викладання курсу	м. Київ, Терещенківська 2а, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти
Кількість кредитів/годин	3 кредити / 90 годин
Семестр	2, 3
Викладач	Галєб Аль-Маалі (Galieb Al-Maali), кандидат біологічних наук, https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-7489-6466
Посилання на сайт	https://www.botany.kiev.ua/al-maali.htm
Контактний телефон, мессенджер	+380979192070
E-mail викладача:	galeb.almaali@gmai.com
Графік консультацій	П’ятниця, 15:00–17:00 очно або онлайн (за попередньою домовленістю)
Методи викладання	Лекції, семінари, презентації, індивідуальні завдання
Форма контролю	залік
Анотація дисципліни	Курс сприяє розвитку наукового мислення, розумінню особливостей фізіології та біохімії грибів і опануванню методології експериментальних досліджень у межах спеціалізації «Мікологія». Дисципліна дозволяє студенту оволодіти інструментарієм наукового пошуку в галузі та поглибити фахову підготовку міколога. Студент вчиться адаптуватися до динамічних змін у науці, самостійно проєктувати вектор власного дослідження, обирати ефективні методи та аргументовано захищати власні наукові висновки.
Мета навчальної дисципліни	Опанувати методологію досліджень фізіології і біохімії грибів для планування власного дисертаційного дослідження.
Завдання навчальної дисципліни	- здійснювати критичний аналіз актуальних наукових публікацій у галузі експериментальної мікології;

	- вміти застосовувати передові методологічні підходи та інструментарій мікологічних досліджень; - навчитися проєктувати структурно-логічну модель власної наукової роботи; - вміти аргументовано вести наукову дискусію, інтегруючи наявні теоретичні знання з отриманими емпіричними даними.
Пререквізити	Для успішного проходження вказаного курсу здобувачем вищої освіти потрібні знання з мікробіології, мікології, аналітичної, органічної та неорганічної хімії, біохімії, цитології, фізіології рослин та мікроорганізмів, молекулярної біології, теорії еволюції, та інших базових дисциплін першого (бакалаврського) рівня вищої освіти; володіння навичками роботи у хімічних та біохімічних лабораторіях на магістерському рівні.
Програмні результати навчання	Мати глибоке уявлення про біохімію, фізіологію грибів, володіти знаннями суміжних предметних дисциплін та мати розуміння методологічних підходів, що застосовуються в експериментальній мікології. Володіти дослідницькими навичками для проведення наукових і прикладних досліджень у галузі експериментальної мікології на рівні світових досягнень у мікології та мікробіології. Вміти застосовувати ці знання при плануванні власного експериментального дослідження та аналізі отриманих даних. Бачити шляхи отримання нових знань та/або здійснення інновацій у відповідній галузі й вміти застосовувати отримані знання для розробки нових ідей, наукових гіпотез у контексті сучасної експериментальної мікології, планувати дослідження для їх спростування чи підтвердження, застосовуючи сучасні, в тому числі міждисциплінарні, підходи.
Опитування	Опитування здобувачів відбувається після закінчення курсу
Ключові слова	Гриби, біохімія, фізіологія, мікроорганізми, біологічно-активні речовини, методи, аналіз

Структура курсу	
Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни
	денна форма здобуття освіти
Кількість кредитів – 3	Варіативна
	Рік підготовки – 1, 2-й Семестри 2, 3-й
Загальна кількість годин	90
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 (2, 3 семестр) самостійної роботи студента – 2 (2, 3 семестри)	Лекції
	10 год. (2 сем.) 10 год. (3 сем.)
	Семінарські
	10 год. (2 сем.) 10 год. (3 сем.)
	Лабораторні
	10 год. (2 сем.) 10 год. (3 сем.)
	Самостійна робота
	16 год. (2 сем.) 14 год. (3 сем.)
	Вид контролю:
	Залік – 2, 3 семестри
Технічне забезпечення/обладнання	Лабораторні приміщення відділу мікології (лабораторні, семінари), малий зал засідань (семінари, лекції), проєктор, ноутбук
Політика курсу	Мова викладання матеріалу, відповідей, дискусій, оцінювання тощо, як правило, державна. Про застосування англійської мови на окремих заняттях здобувачі освіти мають бути попереджені заздалегідь. Заняття можуть бути проведені у змішаній формі: аудиторні заняття або у форматі відеоконференцій (Zoom, Google Meet, Teams тощо). Для ведення конкретних занять та ініціації дискусій з окремих тем можуть бути запрошені провідні вчені України та світу. Для успішного складання підсумкового контролю з дисципліни вимагається участь у

	всіх семінарах. Здобувачам, які представили документи щодо проходження подібного курсу в інших ЗВО, переноситься кількість кредитів, яку вони отримали в сертифікаті. Інша кількість кредитів добирається під час освоєння курсу. До окремих семінарів можуть бути залучені здобувачі третього (освітньо-наукового) рівня інших ЗВО та особи, що підвищують кваліфікацію тощо. Високо цінується конструктивна участь в обговоренні. До всіх здобувачів застосовується рівне ставлення. Не допускаються порушення академічної доброчесності та булінг. Викритий на будь-якому прояві плагіату здобувач отримує нульові позиції за елемент курсу (семінар, диференційований залік тощо).

Схема курсу

Тиждень	Тема занять	Лекції, год	Семінари, лабораторні, год	Самостійна робота, год
Семестр 2				
1	Тема 1. Біологія грибної клітини: цитоплазматична мембрана та клітинна стінка, таксономічні особливості їхньої будови, біосинтезу та фізіології.	2	2	2
2	Тема 2. Біологія грибної клітини: септи та цитокінез.	2	2	2
3	Тема 3. Біологія грибної клітини: таксономічні особливості біохімії грибів.	2	2	2
4	Тема 4. Методологічні аспекти культивування різних таксономічних груп грибів.	–	4	2
5	Тема 5. Позаклітинний простір та сполуки, їх значення для	-	2	2

	функціонування грибної клітини.			
6	Тема 6. Реакція грибної клітини на стрес. Екстремофільні гриби.	2	4	2
7	Тема 7. Особливості фізіології симбіотичних грибів та методологічні підходи до їхнього вивчення.	2	4	4
	Всього за семестр:	10	20	16
Семестр 3				
1	Тема 8. Біологічно активні речовини грибів: гормони та сидерофори.	2	2	2
2	Тема 9. Біологічно активні речовини грибів: антибіотики та токсини.	2	4	2
3	Тема 10. Методологія дослідження біологічних речовин: екстракція та хроматографічні методи	2	4	2
4	Тема 11. Фунгіциди: класифікація, механізми дії; методологічні підходи до пошуку нових протигрибкових сполук.	2	4	2
5	Тема 12. Методи оцінки антибіотичної та фунгіцидної активності. Протоколи CLSI та EUCAST	2	2	2
6	Тема 13. Біотрансформація та біодеградація ксенобіотиків	–	2	2
7	Тема 14. Планування експериментального дослідження в мікології.	–	2	2
	Всього за семестр:	10	20	14
	Всього:	20	40	30

Система оцінювання

Вид навчальної роботи	Кількість годин	Максимальна кількість балів
Лекції	20 год.	20 балів
Семінарські заняття	20 год.	20 балів
Лабораторні заняття	20 год.	20 балів
Самостійна робота	30 год.	30 балів
Разом	**90 год.**	**90 балів**

Семестр	Лекції	Семінари	Лабораторні	Самостійна робота	Разом
2 семестр	10	10	10	16	**46 балів**
3 семестр	10	10	10	14	**44 бали**
Разом	**20**	**20**	**20**	**30**	**90 балів**

Поточне оцінювання результатів навчання здобувачів здійснюється за **90-бальною шкалою** відповідно до видів навчальної роботи та її обсягу.

- **лекційні заняття – до 20 балів**;
- **семінарські заняття – до 20 балів**;
- **лабораторні заняття – до 20 балів**;
- **самостійна робота – до 30 балів**.

Максимальна кількість балів за дисципліну становить **90 балів**. Розподіл балів між семестрами здійснюється пропорційно обсягу навчального навантаження: **46 балів – у 2 семестрі та 44 бали – у 3 семестрі**.

Форма підсумкового контролю – залік у 2 та 3 семестрах.

Критерії оцінювання самостійної роботи

На самостійну роботу відведено 30 годин, відповідно, максимальна кількість балів за її виконання становить 30 балів. Оцінювання здійснюється за результатами виконання здобувачами індивідуальних і групових завдань, спрямованих на поглиблення та систематизацію знань, формування навичок аналізу наукової інформації та застосування теоретичних положень на практиці.

Вид самостійної роботи	Max. к-ть балів
Опрацювання рекомендованої навчальної та наукової літератури, підготовка конспекту/тез	5
Підготовка відповідей на проблемні та контрольні запитання	5
Складання таблиць, схем, класифікацій, порівняльних характеристик	5
Пошук, аналіз та опрацювання наукових джерел за визначеною тематикою	5
Підготовка коротких повідомлень, презентацій, інформаційно-аналітичних матеріалів	5
Виконання індивідуального аналітичного/практичного завдання	5
Разом	**30**

Критерії оцінювання самостійної роботи

Кількість балів	Критерії оцінювання
5	Завдання виконано повністю, самостійно та в установлені строки; матеріал опрацьовано ґрунтовно; продемонстровано розуміння основних понять і закономірностей, уміння аналізувати та узагальнювати інформацію; використано актуальні наукові джерела; результати сформульовано логічно, аргументовано та грамотно; відсутні суттєві помилки.
4	Завдання виконано повністю, однак наявні окремі неточності або незначні недоліки в обґрунтуванні, структурі чи оформленні; здобувач демонструє достатній рівень опрацювання матеріалу та вміння застосовувати набуті знання.
3	Завдання виконано переважно правильно, проте матеріал опрацьовано недостатньо глибоко; наявні окремі змістові помилки, неповні висновки або недостатня аргументація; використання наукових джерел обмежене.
2	Завдання виконано частково; здобувач відтворює переважно фактичний матеріал без достатнього аналізу та узагальнення; наявні суттєві неточності, неповні відповіді або недоліки оформлення.
1	Виконано лише окремі елементи завдання; матеріал опрацьовано поверхово, відповіді фрагментарні, наявна значна кількість помилок.
0	Завдання не виконано або результат не відповідає визначеним вимогам.

Примітка: конкретний розподіл 30 балів між окремими видами самостійної роботи може здійснюватися відповідно до змісту тем та обсягу завдань у 2-му і 3-му семестрах.

Критерії оцінювання аудиторної роботи

Кількість балів	Критерії оцінювання
5	Здобувач повністю володіє навчальним матеріалом, демонструє глибоке розуміння основних понять, закономірностей і положень теми; правильно використовує фахову термінологію; надає повні, логічні та аргументовані відповіді; бере активну участь в обговоренні проблемних питань; уміє аналізувати, порівнювати, узагальнювати та застосовувати знання під час розв’язання навчальних завдань.
4	Здобувач демонструє достатній рівень знань і розуміння матеріалу; відповіді переважно повні та правильні, але містять окремі неточності; правильно використовує основну термінологію; бере участь в обговоренні; уміє застосовувати теоретичні знання для виконання навчальних завдань.
3	Здобувач засвоїв основний зміст теми, однак його відповіді неповні або недостатньо аргументовані; допускає окремі помилки у використанні термінології та поясненні матеріалу; має труднощі з аналізом і узагальненням інформації; бере участь в обговоренні переважно за допомогою викладача.

2	Знання здобувача мають фрагментарний характер; відповіді неповні, містять суттєві помилки; здобувач недостатньо розуміє основні положення теми, має труднощі з формулюванням висновків та застосуванням знань; потребує значної допомоги викладача.
1	Здобувач демонструє мінімальний рівень засвоєння матеріалу; відповіді фрагментарні, поверхові, містять значну кількість помилок; бере участь в обговоренні лише за безпосереднього стимулювання та допомоги викладача.
0	Здобувач не підготовлений до семінарського заняття, не виконав передбаченого завдання або не продемонстрував знань з теми.

Максимальна кількість за семінарські заняття – 20 балів.

Критерії оцінювання роботи на лабораторних заняттях

Кількість балів	Критерії оцінювання
5	Лабораторну роботу виконано повністю, послідовно та правильно; здобувач добре володіє теоретичними основами та методикою виконання роботи; самостійно здійснює необхідні практичні операції; правильно використовує обладнання, матеріали та методи дослідження; коректно фіксує й опрацьовує результати; формулює змістовні та обґрунтовані висновки.
4	Лабораторну роботу виконано повністю; здобувач правильно розуміє методику та послідовність її виконання, допускає лише незначні неточності; результати отримано та оформлено правильно; висновки загалом відповідають отриманим результатам і достатньо обґрунтовані.
3	Основний обсяг лабораторної роботи виконано; здобувач розуміє загальну методику, але допускає окремі помилки під час виконання практичних операцій, опрацювання або оформлення результатів; висновки неповні або недостатньо обґрунтовані.
2	Лабораторну роботу виконано частково; здобувач має недостатні знання методики, допускає суттєві помилки, потребує допомоги викладача; результати дослідження опрацьовано неповністю або неправильно; висновки сформульовано недостатньо.
1	Виконано лише окремі елементи лабораторної роботи; здобувач демонструє мінімальні знання методики, не може самостійно виконати основні операції; результати фрагментарні або містять значні помилки.
0	Лабораторну роботу не виконано або здобувач не продемонстрував розуміння її мети, методики та основних етапів виконання.

Максимальна кількість за лабораторні заняття – 20 балів.

Загальний розподіл аудиторної роботи

Вид аудиторної роботи	Кількість годин	Максимальна кількість балів
Семінарські заняття	20	20
Лабораторні заняття	20	20
Разом	**40**	**40**

Питання до контрольних замірів знань

1. Будова цитоплазматичної мембрани грибів, її біосинтез та фізіологія.
2. Таксономічні особливості клітинної стінки грибів, склад, біосинтез, фізіологія.
3. Септи грибів, класифікація, будова та функція.
4. Цитокінез у різних таксономічних групах грибів. Регуляція цитокінезу.
5. Особливості біохімії грибів, бази даних NCBI, MeFSAT, FUNGIpath та інші інструменти для метаболічних досліджень.
6. Трофічні особливості різних таксономічних та екологічних груп грибів, фактори росту, методи виділення чистих культур та методи їх культивування.
7. Реакція грибної клітини на стрес. Механізми стресостійкості. Екстремофільні гриби та методи їх дослідження.
8. Біологія симбіотичних грибів. Мікоризоутворювальні гриби та фітопатогенні гриби, методи культивування та експериментальні моделі дослідження мікоризи.
9. Методи дослідження грибів, патогенних для людей та тварин. Механізми патогенезу. Протоколи безпеки.
10. Позаклітинний простір грибів. Регуляція pH середовища, позаклітинні ферменти та полісахариди, їхня функція та значення для біології грибів. Методи дослідження позаклітинних речовин
11. Сигнальні сполуки грибів, гормони, фітогормони та середерофори.
12. Гриби продуценти антибіотиків та токсинів. Класифікація цих сполук
13. Методологія дослідження біологічних речовин: екстракція та хроматографічні методи
14. Фунгіциди: класифікація, механізми дії; методологічні підходи до пошуку нових протигрибкових сполук.
15. Методи оцінки антибіотичної та фунгіцидної активності, принципи та класифікація відповідних методів. Протоколи CLSI та EUCAST для визначення мінімальної інгібувальної концентрації, мінімальної бактерицидної/фунгіцидної концентрації.
16. Особливості процесів біотрансформації та біодеградації ксенобіотиків.

17. Планування власного експериментального дослідження в мікології.
18. Статистичні методи в експериментальному дослідженні.
19. Графічне оформлення результатів експериментального дослідження.
20. Особливості написання розділів літературного огляду
21. Особливості вибору методів дисертаційного дослідження
22. Логіка розташування розділів, які відносяться до блоку «Результати досліджень»
23. Особливості процедури проходження статей з експериментальної мікології від подачі до оприлюднення.
24. Особливості представлення презентацій власного дослідження для різних цільових груп

Список рекомендованих джерел для самостійного опрацювання курсу

Монографії:

Lane C.R., Hughes K., Beales P. (2023). Fungal Plant Pathogens: Applied Techniques. CAB International.

Maheshwari R. (2016).Fungi: Experimental Methods In Biology, Second Edition. CRC Press. 358 p.

Paul E., Frey S. (2023). Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. Elsevier. 608 p.

Trinci A.P.J., Copping L.G., Goosey M.W., Jung M.J., Kuhn P.J. (2012). Biochemistry of Cell Walls and Membranes in Fungi. Springer Berlin Heidelberg, 327 p.

Varma A., Tuteja N., Prasad R. (2017). Mycorrhiza - Function, Diversity, State of the Art. Springer International Publishing. 396 p.

Статті:

Athanasopoulos, A., Andre, B., Sophianopoulou, V., & Gournas, C. (2019). Fungal plasma membrane domains. *FEMS Microbiology Reviews*, *43*(6), 642-673. https://doi.org/10.1093/femsre/fuz022

Bondaruk, S. V., Bulava, S. O., Korzh, R. A., Lesyk, D. S., Polovynko, V. V., Fedyk, A. V., & Al-Maali, G. A. (2025). Biotransformation of 2, 6-dichloroaniline and 3, 5-dichloroaniline by the mycelium of basidiomycetes. *Ukrainian Botanical Journal*, *82*(6), 594-603. https://doi.org/10.15407/ukrbotj82.06.594

Branco, S., Schauster, A., Liao, H. L., & Ruytinx, J. (2022). Mechanisms of stress tolerance and their effects on the ecology and evolution of mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, *235*(6), 2158-2175. https://doi.org/10.1111/nph.18308

Coleine, C., Stajich, J. E., & Selbmann, L. (2022). Fungi are key players in extreme ecosystems. *Trends in ecology & evolution*, *37*(6), 517-528.

Cuenca-Estrella, M., & Rodríguez-Tudela, J. L. (2010). The current role of the reference procedures by CLSI and EUCAST in the detection of resistance to antifungal agents in vitro. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, *8*(3), 267-276. https://doi.org/10.1586/eri.10.2

Denisenko, A., Garbuz, P., Voloshchuk, N. M., Holota, Y., Al-Maali, G., Borysko, P., & Mykhailiuk, P. K. (2023). 2-Oxabicyclo [2.1. 1] hexanes as saturated bioisosteres of the ortho-substituted phenyl ring. *Nature Chemistry*, *15*(8), 1155-1163. https://doi.org/10.1038/s41557-023-01222-0

Eisermann, I., Garduño-Rosales, M., & Talbot, N. J. (2023). The emerging role of septins in fungal pathogenesis. *Cytoskeleton*, *80*(7-8), 242-253.

Glotzer, M. (2017). Cytokinesis in metazoa and fungi. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, *9*(10), a022343.

https://doi.org/10.1002/cm.21765Digital Object Identifier (DOI)

Ibrar, M., Ullah, M. W., Manan, S., Farooq, U., Rafiq, M., & Hasan, F. (2020). Fungi from the extremes of life: an untapped treasure for bioactive compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *104*(7), 2777-2801. https://doi.org/10.1007/s00253-020-10399-0

Islam, T., Danishuddin, Tamanna, N. T., Matin, M. N., Barai, H. R., & Haque, M. A. (2024). Resistance mechanisms of plant pathogenic fungi to fungicides, environmental impacts of fungicides, and sustainable solutions. *Plants*, *13*(19), 2737. https://doi.org/10.3390/plants13192737

Kües, U. (2015). Fungal enzymes for environmental management. *Current opinion in biotechnology*, *33*, 268-278. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.03.006

Martin, F. M., & van der Heijden, M. G. (2024). The mycorrhizal symbiosis: research frontiers in genomics, ecology, and agricultural application. *New Phytologist*, *242*(4), 1486-1506. https://doi.org/10.1111/nph.19541

Mustafin, K., Bisko, N., Blieva, R., Al-Maali, G., Krupodorova, T., Narmuratova, Z., ... & Zhakipbekova, A. (2022). Antioxidant and antimicrobial potential of Ganoderma lucidum and Trametes versicolor. *Turkish Journal of Biochemistry*, *47*(4), 483-489.

Prigione, V., Spina, F., Tigini, V., Giovando, S., & Varese, G. C. (2018). Biotransformation of industrial tannins by filamentous fungi. *Applied microbiology and biotechnology*, *102*(24), https://doi.org/10361-10375. 10.1007/s00253-018-9408-4

Yaakoub, H., Mina, S., Calenda, A., Bouchara, J. P., & Papon, N. (2022). Oxidative stress response pathways in fungi. *Cellular and Molecular Life Sciences*, *79*(6), 333.

Дисертації

Аль-Маалі, Г.А. Вплив цитратів металів, отриманих методом акванонотехнології, на біологію Ganoderma lucidum (Curtis) P.Karst. і Trametes versicolor (L.) Lloyd. у культурі. (Дис. канд. біол. наук). Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Київ, 2016.

Атаманчук А.Р. Біологічні особливості видів роду Xylaria Hill ex Schrank у культурі. (Дис. канд. біол. наук). Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Київ, 2024.

https://botany.kiev.ua/doc/zahysty/2024/atamanchuk/Atamanchuk.pdf

Електронні ресурси:

ICBN. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/

Handbook of Mycological Methods. URL:
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/coffee/Annex-F.2.pdf