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 № 35к від «30»вересня 2026 р.

СИЛАБУС ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Планування та аналіз експерименту

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	Планування та аналіз експерименту
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	4
Викладач	Олександр Васильович Поліщук (Oleksandr Polishchuk), кандидат біологічних наук, старший дослідник https://orcid.org/0000-0001-5500-5106
Посилання на сайт	https://www.botany.kiev.ua/polishchuk.htm
Контактний телефон, мессенджер	+380954394997
E-mail викладача:	mrpolischhuk@gmail.com
Графік консультацій	Четвер, 15:00–17:00 очно або онлайн (за попередньою домовленістю)
Методи викладання	Лекції, семінари, презентації, індивідуальні завдання
Форма контролю	залік
Анотація дисципліни	Дисципліна спрямована на формування системного розуміння методології планування експерименту та сучасних підходів до статистичного аналізу даних у фізіології рослин. Особливу увагу приділено експериментам з фотосинтезу, газообміну, реакцій на абіотичні стреси та аналізу дозо-ефектних залежностей. Курс інтегрований з власними дисертаційними дослідженнями аспірантів та відповідає вимогам ОНП PhD Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.
Мета навчальної дисципліни	Опанувати методологію планування, проведення та статистичного аналізу експериментальних досліджень у фізіології рослин з метою забезпечення наукової обґрунтованості, відтворюваності та інтерпретованості результатів дисертаційних робіт.

Завдання навчальної дисципліни	- допомогти здобувачам навчитися самостійно планувати експериментальні дослідження у фізіології рослин з урахуванням специфіки об’єкта, умов та методів дослідження; - навчити формулювати наукові питання, нульові та альтернативні гіпотези, визначати фактори впливу та очікувані експериментальні ефекти; - оволодіти методами контролю біологічної, технічної та стохастичної варіабельності у лабораторних і польових експериментах; - засвоїти принципи формування статистично коректних вибірок, визначення кількості повторів та оцінювання статистичної потужності; - набути практичних навичок статистичного аналізу експериментальних даних із застосуванням сучасних програмних засобів (R, Python); - навчитися коректно інтерпретувати результати експериментів, оцінювати їхню наукову значущість, обмеження та прогностичну цінність; - підготувати здобувачів до оформлення результатів експериментальних досліджень у вигляді наукових публікацій, доповідей та розділів дисертації.
Пререквізити	Для успішного засвоєння дисципліни здобувач повинен мати знання та навички, отримані під час навчання на першому (бакалаврському) та другому (магістерському) рівнях вищої освіти, зокрема з: - ботаніки, екології та фізіології рослин; - біохімії, клітинної та молекулярної біології; - основ експериментальної роботи у біології; - базової біостатистики та методів обробки експериментальних даних; - науково-дослідницького практикуму та підготовки кваліфікаційних робіт. Наявність досвіду виконання лабораторних або польових фізіологічних експериментів та базових

	навичок роботи з комп'ютерними програмами для аналізу даних є бажаною.
Програмні результати навчання	- володіти концептуальними та методологічними знаннями з експериментального дизайну; - планувати лабораторні та польові фізіологічні експерименти; - обґрунтовувати розмір вибірки та статистичну потужність; - застосовувати R та Python для аналізу експериментальних даних; - критично інтерпретувати результати з урахуванням джерел варіабельності; - дотримуватися принципів академічної доброчесності та відкритої науки.
Опитування	Опитування здобувачів відбувається після закінчення курсу
Ключові слова	експериментальний дизайн, варіабельність, статистична вибірка, репрезентативність, статистична значущість, дисперсійний аналіз, регресійний аналіз, відтворюваність досліджень, R, Python

Структура курсу

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни
	денна форма здобуття освіти
Кількість кредитів – 3	Варіативна
	Рік підготовки – 2-й Семестри – 4-й
Загальна кількість годин	90
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 (4 семестр) самостійної роботи студента – 2 (4 семестри)	Лекції 20 год.
	Семінарські 40 год.
	Самостійна робота 30 год.
	Вид контролю:
	Залік – 4 семестр

Технічне забезпечення/обладнання	Лабораторні приміщення відділу мембранології і фітохімії (семінари), малий зал засідань (семінари, лекції), проєктор, ноутбук
Політика курсу	Мова викладання навчального матеріалу, відповідей, дискусій та оцінювання, як правило, державна. Про використання англійської мови на окремих заняттях або при роботі з науковими публікаціями здобувачі освіти повідомляються заздалегідь. Заняття можуть проводитися в очному, дистанційному або змішаному форматі з використанням засобів відеоконференційного зв'язку (Zoom, Google Meet тощо). Для проведення окремих занять, семінарів або ініціювання наукових дискусій можуть залучатися провідні вчені України та інших країн. Для успішного проходження підсумкового контролю з дисципліни обов'язковими є участь у всіх семінарських і практичних заняттях, а також виконання індивідуальних завдань. Здобувачам, які надали документальне підтвердження проходження аналогічних навчальних компонентів у інших закладах вищої освіти або наукових установах, може бути зараховано відповідну кількість кредитів; решта кредитів добирається в межах даного курсу. До окремих семінарських занять можуть залучатися здобувачі третього (освітньо-наукового) рівня інших закладів вищої освіти, а також особи, що підвищують кваліфікацію. Високо цінується активна та конструктивна участь у наукових обговореннях. До всіх здобувачів застосовується рівне й неупереджене ставлення; не допускаються прояви дискримінації або булінгу. Особлива увага в межах курсу приділяється дотриманню принципів академічної доброчесності. Усі письмові роботи, аналітичні звіти, презентації, програмні

	скрипти (R, Python) та інші результати навчальної діяльності повинні бути самостійно виконаними з обов'язковим коректним посиланням на використані джерела, дані та програмні бібліотеки. Не допускається подання результатів, отриманих шляхом копіювання, несанкціонованого запозичення або некоректного використання матеріалів інших авторів. У разі виявлення плагіату, самоплагіату, фабрикації або фальсифікації даних здобувач отримує нульову оцінку за відповідний елемент курсу (семінар, практичне завдання, індивідуальний проєкт або підсумковий контроль) без можливості перездачі.

Схема курсу

Тиждень	Тема занять	Лекції, год	Семінари, год	Самостійна робота, год
Семестр 4				
1	Тема 1. Порівняння спостереження та експерименту як способів встановлення причинно-наслідкових зв'язків.	2	4	1
2	Тема 2. Чек-лист планування експерименту. Визначення кількості варіантів.	2	4	3
3	Тема 3. Класифікація змінних. Властивості методів вимірювань.	2	4	4
4	Тема 4. Формулювання наукового питання та гіпотези.	2	4	4
5	Тема 5. Ймовірні фактори варіабельності та дозозалежна відповідь.	2	4	3
6	Тема 6. Методи формування статистичної вибірки.	2	4	3
7	Тема 7. Етапи статистичного аналізу даних.	2	4	3

8	Тема 8. Первинний аналіз даних та робота з викидами.	2	4	3
9	Тема 9. Одно- та двофакторний дисперсійний аналіз.	2	4	3
10	Тема 10. Регресійний аналіз та прогностичне значення експерименту.	2	4	3
	Всього за семестр:	20	40	30

Розподіл навчального часу та балів

Вид навчальної роботи	К-ть годин	Max. к-ть балів
Лекційні заняття	**20**	**–**
Семінарські заняття	**40**	**60**
Самостійна робота	**30**	**40**
Разом	**90**	**100**

Критерії оцінювання семінарських занять

Бали	Критерії оцінювання
2	Здобувач ґрунтовно володіє матеріалом, демонструє розуміння основних положень теми, правильно використовує термінологію, аргументовано відповідає на запитання, бере активну участь в обговоренні, виконує завдання та здатний аналізувати й узагальнювати інформацію.
1	Здобувач володіє основним матеріалом, але відповіді неповні або містять окремі неточності; бере участь в обговоренні, однак має труднощі з аргументацією, аналізом чи узагальненням.
0	Здобувач не підготовлений до заняття, не виконав завдання або не продемонстрував знань із теми.

Вид роботи на семінарських заняттях	Max. к-ть балів
Усні відповіді та участь в обговоренні	**15**
Виконання практичних/ситуаційних завдань	**15**
Аналіз, порівняння та узагальнення навчального матеріалу	**10**
Робота з науковою інформацією та джерелами	**10**
Виконання індивідуальних завдань під час семінарів	**10**
Разом	**60**

Критерії оцінювання самостійної роботи

Вид самостійної роботи	Max. к-ть балів
Опрацювання навчальної та наукової літератури, складання конспектів	**7**
Виконання завдань, контрольних та проблемних питань	**7**
Аналіз наукових джерел та сучасних наукових публікацій	**7**
Складання таблиць, схем, класифікацій, порівняльний аналіз	**6**
Підготовка повідомлень, презентацій, інформаційно-аналітичних матеріалів	**6**
Виконання індивідуальних аналітичних та практичних завдань	**7**
Разом	**40**

Підсумкова оцінка за результатами вивчення дисципліни визначається як сума балів, отриманих за виконання завдань семінарських занять і самостійної роботи. Максимальна кількість балів становить 100. Лекційні заняття окремо не оцінюються.

Питання до контрольних замірів знань

1. Порівняння спостереження та експерименту як методів встановлення причинно-наслідкових зв’язків у біології.
2. Мета експерименту в біології рослин. Значення попереднього планування досліджень.
3. Основні етапи планування експерименту та їх роль у забезпеченні відтворюваності результатів.
4. Чек-лист планування експерименту: вибір факторів, варіантів та контрольних умов.
5. Тестовий («пристрілочний») експеримент: мета, завдання та обмеження.
6. Класифікація змінних у біологічному експерименті: незалежні, залежні та контрольовані змінні.
7. Типи шкал вимірювання та їх значення для вибору статистичних методів аналізу.
8. Властивості методів вимірювань у фізіології рослин: точність, чутливість, роздільна здатність, відтворюваність.
9. Джерела технічної, біологічної та стохастичної варіабельності у фізіологічних експериментах.
10. Підходи до контролю варіабельності у лабораторних та польових експериментах.
11. Формулювання наукового питання та наукової гіпотези. Нульова та альтернативна гіпотези.

12. Поняття дозо-ефектної залежності у фізіології рослин та приклади її застосування.
13. Методи формування статистичної вибірки. Репрезентативність вибірки.
14. Рандомізація, однорідність та стратифікація (блокінг) у дизайні експерименту.
15. Визначення оптимальної кількості повторів та розміру вибірки.
16. Поняття статистичної потужності та її значення для інтерпретації результатів експерименту.
17. Основні етапи статистичного аналізу експериментальних даних.
18. Первинний аналіз даних: виявлення пропусків, викидів та помилок вимірювання.
19. Методи обробки та інтерпретації викидів у біологічних експериментах.
20. Кореляційний аналіз: поняття, типи кореляцій, обмеження застосування.
21. Часткова кореляція та її використання у ботанічних дослідженнях.
22. Однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA): умови застосування та інтерпретація результатів.
23. Двофакторний дисперсійний аналіз: взаємодія факторів та її біологічне значення.
24. Регресійний аналіз у фізіології рослин: лінійні та нелінійні моделі.
25. Метод найменших квадратів та його застосування для аналізу фізіологічних даних.
26. Алгоритм Левенберга–Марквардта та приклади його використання у моделюванні дозо-ефектних залежностей.
27. Порівняння лабораторних і польових фізіологічних експериментів з точки зору експериментального дизайну.
28. Типові помилки в плануванні та аналізі експериментів у фізіології рослин та шляхи їх уникнення.
29. Псевдопозитивні та псевдонегативні результати: причини виникнення та наслідки для наукових висновків.
30. Логічні основи інтерпретації експериментальних даних у біології.
31. Представлення та оформлення результатів експерименту для наукових публікацій.
32. Роль академічної доброчесності та відтворюваності у сучасних експериментальних дослідженнях.

Список рекомендованих джерел (відкритий доступ)
для самостійного опрацювання курсу

1. Berner, D., & Amrhein, V. (2022). Why and how we should join the shift from significance testing to estimation. Journal of Evolutionary Biology, 35(6), 777–787.
2. Castanyer-Mallol F., Luo K., et al. (2025). Assessment of plant responses to simulated combination of heat wave and drought. Plant Ecophysiology, 1(1): 7. https://doi.org/10.53941/plantecophys.2025.100007 (Open Access)
3. Chaves M.M., Flexas J. & Pinheiro C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103: 551–560. https://doi.org/10.1093/aob/mcn125 (Open Access)
4. Ciapponi A., Belizán J. M., Piaggio G., Yaya S. (2021). There is life beyond the statistical significance. Reproductive Health, 18: 80. https://doi.org/10.1186/s12978-021-01131-w (Open Access)
5. CRAN Task View Maintainers. CRAN Task Views : тематичні огляди пакетів R для статистичного аналізу, експериментального дизайну, GLM та змішаних моделей : електронний навчальний ресурс. – Comprehensive R Archive Network (CRAN). URL: https://cran.r-project.org/web/views/ (Open Access)
6. Feng, X., & Dietze, M. C. (2013). Scale dependence in the effects of leaf ecophysiological traits on photosynthesis: Bayesian parameterization of photosynthesis models. New Phytologist, 200(4), 1132–1144. https://doi.org/10.1111/nph.12454 (Open Access)
7. https://doi.org/10.1111/jeb.14009 (Open Access)
8. Lohse K. R., Kliethermes S. A. (2025). Approaching significance: statistical guidance for authors and reviewers. Journal of Neurologic Physical Therapy, 49(4): 240–247. https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000526 (Open Access)
9. Quicke, D. L. J., Butcher, B. A., & Kruft-Welton, R. A. (2021). Practical R for Biologists: An Introduction. CABI Publishing. Open access version available online. URL: https://www.researchgate.net/publication/348182110_Practical_R_for_Biologists_an_Introduction
10. R Core Team. R Manuals and Documentation : офіційна документація мови програмування R (аналіз варіації, регресійний аналіз, візуалізація даних) : електронний навчальний ресурс. – Vienna : R Foundation for Statistical Computing. URL: https://cran.r-project.org/manuals.html (Open Access)
11. Ren J., Guo P., et. al. (2025). Differential photosynthetic responses to drought stress in peanut varieties: insights from transcriptome profiling and JIP-Test analysis. BMC Plant Biology, 25: 957. https://doi.org/10.1186/s12870-025-06984-y (Open Access)

12. Ricco M.V., Khemakem S., et al. (2025). Photosynthetic and biochemical responses to multiple abiotic stresses in Deschampsia antarctica, Poa pratensis, and Triticum aestivum. Environmental and Experimental Botany, 237: 106196. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2025.106196 (Open Access)

13. Rice University Library. Introduction to Data Analysis in R: навчальні матеріали.
URL: https://library.rice.edu/sites/default/files/documents/Intro_R_lessons.pdf

14. RStudio, PBC. RStudio Cheat Sheets : довідкові матеріали з аналізу даних, статистичного моделювання та візуалізації в середовищі R : електронний навчальний ресурс. URL: https://rstudio.com/resources/cheatsheets/ (Open Access)

15. Tosens T., Alboresi A., et. al. (2025). New avenues in photosynthesis: from light harvesting to global modeling. Physiologia Plantarum, 177(2): e70198. https://doi.org/10.1111/ppl.70198 (Open Access)

16. Волокита А. М., Селіванов В. Л. *Основи теорії планування експерименту* : навч. посіб. / Нац. тех. ун-т України «Київський політехнічний ін-т імені Ігоря Сікорського». – Київ, 2022. – 41 с. – Електронний навчальний ресурс (PDF).
URL: https://ela.kpi.ua/bitstreams/7c625af3-4aba-449d-a474-66fc54071f3a/download

17. Голіней, О. В. (2025). Статистика малих вибірок у біології і медицині з основами програмування в Python і R (2-ге вид.). Івано-Франківськ: [видавець]. — 262 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/398528421_Statistika_malih_vibirok_u_biologii_i_medicini_z_osnovami_programuvanna_v_Python_i_R (Open Access)