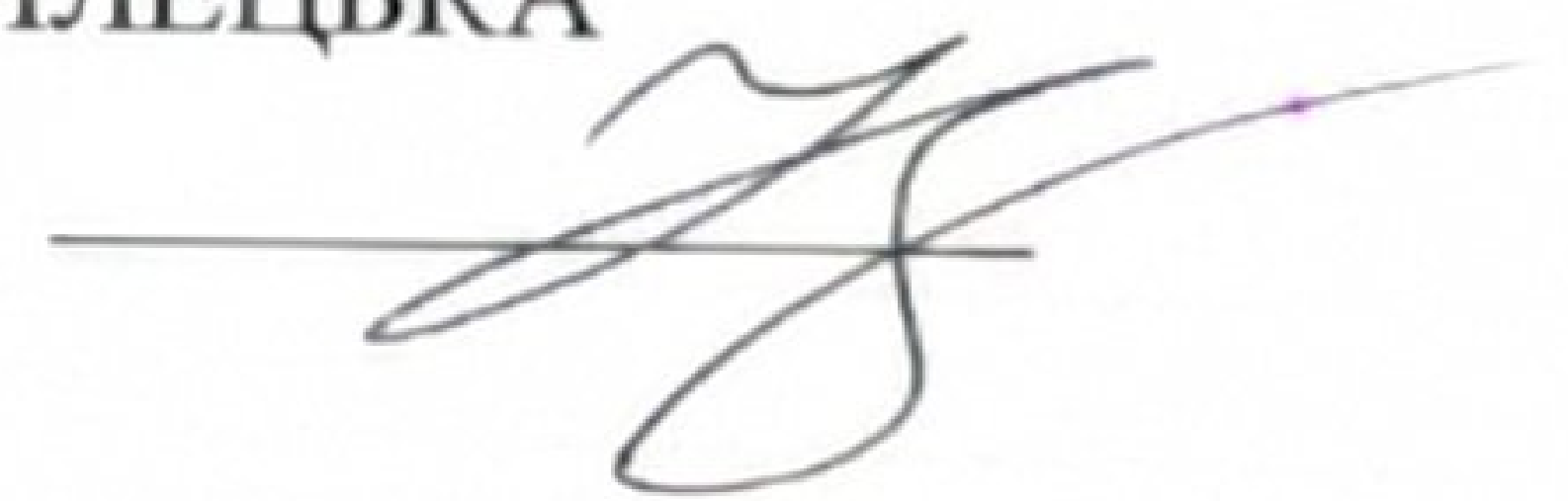


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра фізіології та екології рослин

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
“БІОЛОГІЯ СТРЕСОСТІЙКОСТІ РОСЛИН”,
що викладається в межах ОПП Біотехнології та біоінженерія
першого (бакалаврського) рівня освіти
для здобувачів спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія

Львів 2025

Назва дисципліни	Біологія стресостійкості рослин
Адреса викладання дисципліни	79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4 Біологічний факультет
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Біологічний факультет, кафедра фізіології та екології рослин
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	16 Хімічна і біоінженерія 162 Біотехнології та біоінженерія
Викладачі дисципліни	доцент кафедри фізіології та екології рослин, к.б.н., доцент Пацула Остап Ігорович
Контактна інформація викладачів	ostap.patsula@lnu.edu.ua , Сторінка викладача – https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/patsula-o-i
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	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
Сторінка дисципліни	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3938
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Біологія стресостійкості рослин” є вибірковою дисципліною зі спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія, яка викладається в 7 семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс “Біологія стресостійкості рослин” знайомить студентів з основами фізіолого-біохімічних та молекулярно-генетичних механізмів адаптації рослин до дії різноманітних абіотичних та біотичних стресів. Розглядаються реакції рослин на посуху, засолення, температурні стреси, забруднення важкими металами, дію патогенів, а також механізми антиоксидантного захисту, осморегуляції, активації сигнальних шляхів і експресії генів стресової відповіді. Особливу увагу приділено сучасним біотехнологічним підходам до підвищення стресостійкості рослин, включаючи генну інженерію, селекцію на основі маркерів, культивування клітин і тканин <i>in vitro</i> , а також застосування регуляторів росту та біостимуляторів.
Мета та цілі курсу	Мета курсу “Біологія стресостійкості рослин” – сформувати у здобувачів цілісне уявлення про адаптаційні стратегії рослин до стресових умов та навчити використовувати набуті знання і навички для вирішення прикладних біотехнологічних задач. Програму курсу розроблено таким чином, щоби сформувати у студентів загальні і фахові компетентності:
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Кірізій Д.А., Стасик О.О. Вплив посухи та високої температури на фізіолого-біохімічні процеси, продуктивність рослин // Фізіологія рослин і генетика. 2022. Вип. 54(2). С. 95–122.

2. Косаківська І.В., Веденічева Н.П., Войтенко Л.В., Васюк В.А. Фітогормони в регуляції росту та формуванні стресостійкості культурних злаків // *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Вип. 56(2). С. 130–150.
3. Anjum N.A., Gill S.S., Gill R., Hasanuzzaman M., Duarte A.C., Pereira E., Ahmad I., Tuteja N. Plant acclimation to environmental stress: a critical appraisal // *Frontiers in Plant Science*. 2015. Vol. 6. P. 1–17.
4. Choudhury F.K., Rivero R.M., Blumwald E., Mittler R. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination // *The Plant Journal*. 2017. Vol. 90(5). P. 856–867.
5. Foyer C.H., Ruban A.V., Noctor G. Viewing oxidative stress through the lens of oxidative signalling rather than damage // *Biochemical Journal*. 2017. Vol. 474(6). P. 877–883.
6. Ghosh U.K., Islam M.N., Siddiqui M.N., Cao X. Mechanistic insight into plant drought tolerance induced by exogenous application of osmoprotectants // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. Vol. 166. P. 187–199.
7. Maréchaux I., Bartlett M.K., Sack L., Baraloto C., Engel J., Joetzier E., Chave J. New insight into leaf drought tolerance // *Functional Ecology*. 2015. Vol. 29(11). P. 1365–2435.
8. Mittler R. ROS are good // *Trends in Plant Science*. 2017. Vol. 22(1). P. 11–19.
9. Mukarram M., Choudhary S., Kurjak D., Petrovic N., Šamec D., Sytar O. Drought: sensing, signalling, effects and tolerance in higher plants // *Physiologia Plantarum*. 2021. Vol. 172(2). P. 1355–1370.
10. Shabala S. Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops // *Annals of Botany*. 2017. Vol. 119(6). P. 1171–1180.
11. Toulotte J., Cormier F., Allard V., Le Gouis J., Ravel C. Water stress resilient cereal crops: lessons from wild relatives // *Journal of Integrative Plant Biology*. 2022. Vol. 64(9). P. 1671–1687.
12. Varela M.C., Aranjuelo I., Molero G., Cabrera-Bosquet L., Nogués S. Drought and heat stress effects on physiological traits and gene expression in wheat cultivars with contrasting tolerance // *Environmental and Experimental Botany*. 2018. Vol. 155. P. 45–55.
13. Wang Y., Guo Z., Zhao Y., Zhou Z., Ma J., Xu X. Molecular evidence for adaptive evolution of drought tolerance in wild cereals // *New Phytologist*. 2023. Vol. 240(1). P. 255–269.
14. Zhu J.-K. Abiotic stress signaling and responses in plants // *Cell*. 2016. Vol. 167(2). P. 313–324.

Допоміжна:

1. Bitá C.E., Gerats T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops // *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. P. 1–26.
2. Gupta D.K., Pena L.B., Romero-Puertas M.C., Hernández A., Inouhe M. (Eds.) *Reactive oxygen species and oxidative damage in plants under stress* // Springer. 2019. 375 p.
3. Hasanuzzaman M., Bhuyan M., Anee T.I., Fujita M. Exogenous silicon confers salt stress tolerance by regulating ion homeostasis and antioxidative capacity in plants // *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. P. 1–12.

	<p>4. Hasanuzzaman M., Bhuyan M.H.M.B., Zulfiqar F., Raza A., Mohsin S.M., Mahmud J.A., Fujita M. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of ROS // <i>Frontiers in Plant Science</i>. 2020. Vol. 11. P. 1–17.</p> <p>5. Li X., Lawas L.M.F., Malo R., Glaubitz U., Erban A., Mauleon R., Kopka J., Zuther E., Hinch D.K. Metabolic and transcriptomic signatures of rice responses to heat stress // <i>Frontiers in Plant Science</i>. 2015. Vol. 6. P. 1–16</p> <p>6. Singh D., Laxmi A. Transcriptional regulation of drought response: a cross-talk between metabolic and hormonal pathways // <i>Plant Molecular Biology</i>. 2015. Vol. 88(4–5). P. 345–360.</p>
Обсяг курсу	180 годин загалом. З них 32годин лекцій,32 годин практичних занять та116 годин самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Пояснювати основні типи абіотичних і біотичних стресів, їхній вплив на фізіологічні, біохімічні та молекулярні процеси в рослинах. • Аналізувати механізми адаптації та толерантності рослин до різних стресових чинників. • Інтерпретувати результати сучасних досліджень щодо регуляції експресії генів і ролі сигнальних шляхів у стресостійкості. • Ідентифікувати морфологічні, фізіологічні та біохімічні маркери стресових реакцій рослин. • Критично оцінювати методи підвищення стресостійкості рослин — селекційні, біотехнологічні, агротехнічні.
Ключові слова	Абіотичний стрес, біотичний стрес, толерантність, адаптація, експресія генів, біотехнологія
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл. 1.
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін біотехнології, фізіології рослин, молекулярної біології, генетики достатніх для сприйняття категоріального апарату особливостей курсу.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія, і 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"> • контрольні заміри (модулі): 2 по 25 балів; максимальна кількість балів

	<p>– 50. 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"> Заліковий модуль: теоретична частина – 30 балів, практична частина – 20 балів. Максимальна оцінка – 50 балів. <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 не зарахування 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 письмових робіт, 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 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>https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3938</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1
Схема курсу “Біологія стресостійкості 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 біології стресостійкості рослин. Поняття стресу, типи стресів, фази стресової відповіді.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Поняття стресу в біології рослин: історія терміну та сучасні підходи.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Огляд сучасних концепцій поняття “стрес” у фізіології рослин.	Самостійна робота – 8 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
2	Класифікація стресових факторів. Абіотичні та біотичні стреси: взаємодія та наслідки.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Ознаки стресу: клітинний, органний і організмовий рівні.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Порівняння стратегій виживання рослин при посусі та затопленні.	Самостійна робота – 8 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
3	Морфологічні та фізіологічні ознаки стресу у рослин.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Роль АФК у стресовій сигналізації.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Складання схеми сигнального каскаду АБК у відповідь на посуху.	Самостійна робота – 8 год	Дод. інф. у Moodle	4 год
4	Молекулярні механізми стресових реакцій. Експресія генів, сигнальні каскади, транскрипційні фактори.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Механізми дії антиоксидантних ферментів.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Розрахунок показників перекисного окиснення ліпідів (MDA).	Самостійна робота – 8 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
5	Активні форми кисню і антиоксидантний захист. Супероксиддисмутаза, каталаза, аскорбатпероксидаза.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

	Вплив водного дефіциту на фотосинтетичний апарат.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Узагальнення даних про ферменти антиоксидантного захисту.	Самостійна робота – 8 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
6	Оксидативний стрес та його регуляція.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Адаптація рослин до високих і низьких температур.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Моделювання змін у фотосинтезі під дією стресів (на основі даних літератури).	Самостійна робота – 8 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
7	Роль фітогормонів у регуляції стресових реакцій. АБК, етилен, жасмонати, саліцилова кислота, цитокініни.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Роль проліну, гліцину-бетаїну та інших осмолітів.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Порівняльний аналіз дії саліцилової та жасмонової кислот у стресових умовах.	Самостійна робота – 8 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
8	Механізми водного та осмотичного стресу. Засуха, затоплення, осморегуляція.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Сольовий стрес у культурних рослин: порівняльний аналіз толерантних видів.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Критичний огляд сучасних методів генетичної модифікації для підвищення стійкості.	Самостійна робота – 6 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
9	Температурні стреси. Реакції на високі та низькі температури, білки теплового шоку.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Гормональна регуляція стресових реакцій: сигнальні шляхи АБК і жасмонатів.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Аналіз наукових даних про епігенетичну пам'ять стресу.	Самостійна робота – 6 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
10	Сольовий стрес і іонний гомеостаз. Механізми солестійкості, роль транспортерів і сумісних осмолітів.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Транскрипційні фактори, що регулюють експресію стресових генів (DREB, NAC, WRKY).	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Розробка схеми взаємодії гормональних шляхів при стресі.	Самостійна робота – 6 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

11	Світловий і УФ-стрес. Фотоінгібування, роль пігментів, фотозахист.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Створення таблиці з порівнянням толерантних і чутливих сортів культурних рослин.	Самостійна робота – 6 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Роль фітохелатинів у детоксикації металів.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
12	Металотоксичність і важкі метали. Фізіологічні наслідки, фітозахисні механізми.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Взаємодія абіотичних і біотичних стресів у польових умовах.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Розробка пропозиції лабораторного експерименту зі стресової фізіології.	Самостійна робота – 6 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
13	Біотичні стреси: патогени, шкідники, алелопатія. Імунітет рослин, взаємодія із сигнальними шляхами.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Написання короткого есе “Стресостійкість і глобальні зміни клімату”.	Самостійна робота – 6 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Сучасні методи оцінювання стійкості рослин (EL, Fv/Fm, MDA, SOD).	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
14	Стресова пам’ять та епігенетичні механізми адаптації.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Приклади успішної селекції на стресостійкість у зернових і бобових культур.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Аналіз ролі АФК як вторинних месенджерів.	Самостійна робота – 6 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
15	Біотехнологічні підходи до підвищення стресостійкості. Генна інженерія, маркерна селекція.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Вивчення впливу сольового стресу на ростові процеси.	Самостійна робота – 6 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Обговорення наукових статей (2022–2025 рр.) щодо молекулярних механізмів стресу.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
16	Біологія стресостійкості в контексті змін клімату та сталого землеробства.	Лекція – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Біотехнологічні інструменти для підвищення стійкості: CRISPR/Cas, трансгенез, омнікс.	Практичне заняття – 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

Рецензія на одну актуальну наукову публікацію (2023–2025 рр.) з теми курсу.

Самостійна робота – 6 год


Дод. інф. у Moodle

1 тиждень

Автор



Остап ПАЦУЛА



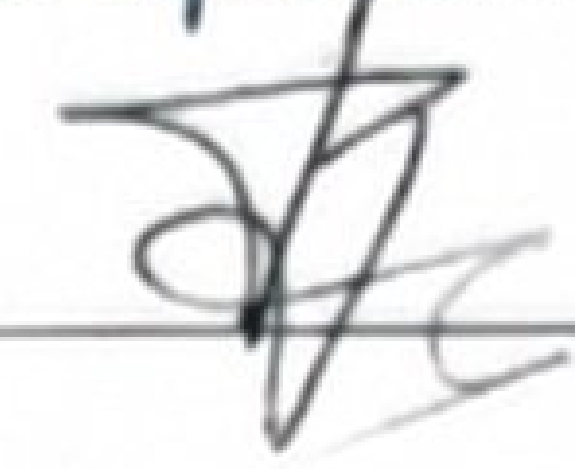
"Погоджено"

Голова методичної ради біологічного факультету

Віталій ГОНЧАРЕНКО

10 лютого 2025 р, протокол №1

Гарант ОПІ «Біотехнологія та біоінженерія»



Віктор ФЕДОРЕНКО