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 9 лютого 2022 р.)

Завідувач кафедри
доц. Мирослава КОБИЛЕЦЬКА

_____

Силабус з навчальної дисципліни
«Патогенез та імунітет рослин», що викладається в межах
ОПП Біологія
першого (бакалаврського) рівня освіти
для здобувачів спеціальності 091 - Біологія

Львів 2022

Коротка анотація курсу	Дисципліна «Патогенез та імунітет рослин» є дисципліною вільного вибору зі спеціальності 091 – Біологія для освітньої програми бакалаврів, яка викладається в VII семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). Програма навчальної дисципліни складається із трьох змістових модулів: 1. Фітопатологія та фітоімунологія як наука. Типи патогенезу рослин. 2. Фітоімунітет. Механізми конститутивного та індукованого захисту рослин. 3. Сучасні заходи запобігання та боротьби із фітохворобами
Мета та цілі курсу	Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів із сучасним етапом розвитку фітопатології та фітоімунології, основними типами патогенезу рослин, формами імунітету, способами і методами контролювання поширення фітохвороб. Виховання навичок роботи з науковою інформацією в галузі фітопатології та фітоімунології, вміння узагальнювати знання та застосовувати їх на практиці.
Література для вивчення дисципліни	**Основна література** 1. *Пузріна Н.В.* Шкідники і збудники хвороб деревних рослин (частина 1): навчальний посібник. / Н.В. Пузріна. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2020 – 527 с. 2. *Пінчук Н.В., Вергелес П.М., Коваленко Т.М., Окрушко С.Є.* Загальна фітопатологія. Вінниця. 2018. - 272 с. 3. *Кирик М.М.* Хвороби квіткових і декоративних рослин / М.М. Кирик, В.К. Шевчук та ін. - К. : Фенікс. - 328 с 4. Закон України «Про карантин рослин» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, N 28, С. 212) http://zakon.rada.gov.ua/ **Додаткова література** 1. *Яновський Ю.П.* Програма захисту плодових культур. Фенікс. 2021. 146 с 2. *Вигера С.* Фітонцидологія. К.: Вирій, 2001.150 с. 3. *Дмитриев А.П.* Фитоалексины и их роль в устойчивости растений. – Киев:, 1999. –207 с. 4. Блюм Я., Сиволап Ю., Рудий Р., Созінов О. Нова хвиля «зеленої революції». Перспективи застосування в Україні досягнень молекулярної біотехнології та геноміки // Вісн. НАН України, 2006, № 3 – С.21-31 5. Гут Р.Т, Ковальова В.А. Дефензини як фактор резистентності рослин до біотичного стресу // Науковий вісник Український державний лісотехнічний університет, 2004, вип. 14.6 – С. 49-55 6. Дмитрієв О. Секрети рослинного імунітету // Наука й інновації — суспільству - http://www.mao.kiev.ua/jscans/2006-1-dmitriev.pdf 7. Ковальова В.А. Антимікробні пептиди як альтернатива традиційним фунгіцидним препаратам // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.3 – С.51-56 8. *Jian-Min Zhou, Yuelin Zhang*Plant Immunity: Danger Perception and

	Signaling, Cell, Vol. 181, 5, 2020 - P.978-989,https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.04.028. 9. *Jonathan D. G. Jones& Jeffery L. Dangl* The plant immune system // NATURE, Vol 444, 16 November 2006. – P.323-329. 10. *Shah* J. Plants under attack: systemic signals in defence. Current Opinion in Plant Biology 2009, 12: 459–464. 11. *Jiyang Wang, Guojuan Xu, Yuese Ning, Xuli Wang, Guo-Liang Wang,* Mitochondrial functions in plant immunity, Trends in Plant Science,Volume 27, Issue 10, 2022,P.1063-1076,ISSN 1360-1385,https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.04.007. 12. *Unsicker S.B, Kunert G., Gershenzon J.* Protective perfumes: the role of vegetative volatiles in plant defense against herbivores Current Opinion in Plant Biology 2009, 12:479–485. 13. *Weixiong Zhang • Shang Gao • Xiang Zhou • Padmanabhan Chellappan* Bacteria-responsive microRNAs regulate plant innate immunity by modulating plant hormone networks //Plant Mol Biol (2011) 75:93–105 **Інтернет-ресурси**: 1. TeachingToolsinPlantBiologyhttp://www.plantcell.org/content/teaching-tools-plant-biology 2. http://www.plantphysiol.org 3. http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1399-3054/issues 4. http://ttp://www.annualreviews.org/journal/arplant 5. Plant pathology internet guidebook: **http://www.elearning-pto.gov.ua/1338.html** 6. **http://www.ifgb.uni-hannover.de/extern/ppigb/ppigb.htm** 7. Plant pathology introductory course:**http://www.ianr.unl.edu/ianr/plantpath/peartree/homer/public.html** 8. Cereal diseases: **http://www.crl.unm.edu** 9. Plant parasite nematodes: **http://www.ianr.unl.edu/innr/plntpath/nematode/wormhome.htm** 10. http://www.apsnet.org/education/IllustratedGlossary/top.htm 11. http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011_7/11vsm.pdf
Тривалість курсу	Один семестр
Обсяг курсу	32 год. лекційних занять; 58 год самостійної роботи
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде : **- ЗНАТИ:** фундаментальні засади патогенезу та імунітету рослин до різних типів хвороб, механізмів його реалізації; впливу фітозахворювань на людство; основні засади захисту рослин; сучасні методи діагностики захворювань та підвищення стійкості до захворювань. **- ВМІТИ:** застосовувати теоретичні знання на практиці; виявляти симптоми захворювання рослин, діагностувати тип захворювання; аналізувати та опрацьовувати сучасні дані літератури, що стосуються механізмів патогенезу та стійкості рослин до захворювань; використовувати в фаховій діяльності методи і прийоми роботи з хворими рослинами і

	патогенами; розробляти заходи запобігання хвороб, їх поширення і лікування, використовуючи матеріали статистичних довідників, словників енциклопедій та наукової літератури.
Ключові слова	Патогенез, фітопатоген, інфекція, фітоімунітет, системна набута стійкість, реакція надчутливої загибелі, РНК-інтерференція, безпека харчових продуктів, фітоантиціпіни, фітоалексини, епіфітотія
Формат курсу	Очний (в умовах воєнного стану можливий у форматі online)
	Проведення лекцій та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл. 1.
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань із ботаніки, екології, генетики, біохімії, мікробіології, фізіології та біохімії рослин, англійської мови професійного спрямування.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентація, пояснення, проблемна дискусія, групові проєкти.
Необхідне обладнання	Загальновживані програми і операційні системи для представлення презентацій, доступ до інтернету, персональний комп`ютер, проєктор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Курс завершується заліком за результатами двох модульних завдань і групового проєкту. У другому модульному завданні студентам буде надано резюме наукової статті, потрібно запропонувати набір експериментів, які б підтверджували висновки, представлені в ньому. Підсумкове завдання включатиме презентацію группового наукового проєкту та оцінювання його рештою групи. Студенти повинні обговорити ідеї та теми проєктів із викладачем. Письмові пропозиції щодо тем потрібно надіслати заздалегідь електронною поштою. Презентація проєктів відбудеться на завершальних лекційних заняттях. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • модульний контроль: 80% семестрової оцінки; максимальна кількість балів - 80 балів; • презентація проєкту: 20% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів – 20 балів. Підсумкова максимальна кількість балів – 100 балів. Для отримання заліку потрібно отримати більш, ніж 51 бал. Обов'язковим при мінімальній кількості балів є виконання модульних завдань. **Академічна доброчесність**: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними 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 незарахуванння викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи

	обману. **Відвідування занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що студенти відвідають усі лекції курсу. Необхідно інформувати викладача про неможливість відвідати заняття та дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом. **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 не має серед рекомендованих. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані на поточному тестуванні та самостійній роботі. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лекційного; недопустимість пропусків та запізнень; 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.
Питання до заліку	1.Імунітет як загальнобіологічне явище. Поняття «імунітет» в фітоімунології та імунології тварин. Порівняльна характеристика захисних реакцій у рослин та тварин. 2.Ранні етапи розвитку уявлень про стійкість рослин. Структурно-механічна, хемотропічна, кислотна, осмотична та фагоцитарна концепції стійкості рослин. Теорія токсинів та антитоксинів. Вклад М.І. Вавилова у становлення фітоімунології. 3.Поняття «хвороба» в фітоімунології. Інфекційні та неінфекційні хвороби рослин й симптоми їх прояву. 4.Поняття «патоген» (паразит). Класифікація патогенів. Некротрофна, біотрофна, гемібіотрофна та ендотрофна стратегії взаємодії різних груп патогенів з рослинами. 5.Особливості паразитизму грибів, бактерій та вірусів на рослинах та роль клітинної оболонки рослин у захисних реакціях рослин. 6.Основні групи шкідників та їх вплив на рослини. Фактори стійкості рослин до ушкодження шкідниками. 7.Якісні та кількісні показники патогенності та їх успадкування. 8.Класифікація способів проникнення фітопатогенних грибів у рослини. Проростання пропагул фітопатогенних грибів на поверхні рослин та їх прикріплення. Білки гідрофобіни. 9.Інфекційна гіфа, аппоресорії, гаусторія та роль цих структур у проникненні та живленні біотрофних фітопатогенних грибів. 10.Механізм проникнення плазмодіофорових слизовиків в тканини рослини. 11.Особливості проникнення фітопатогенних бактерій у міжклітинний простір рослин. Стратегії біо- та некротрофії при взаємодії фітопатогенних бактерій з рослинами. Ендотрофна стадія розвитку фітопатогенних бактерій. 12.Патогенез грам-негативних некротрофних фітопатогенних бактерій.

	Hap-гени та апарат секреції III типу на прикладі бактерій роду *Pseudomonas*. 13.Шляхи проникнення фітопатогенних вірусів в рослини та фактори подальшої системної колонізації рослин. Вірози як головний фактор «виродження» цінних сортів рослин. Загальне уявлення про методи безвірусного насінництва і рослинництва. 14.Роль клітинної оболонки рослин у формуванні стійкості. 15.Загальні уявлення про конституційну стійкість рослин. 16.Передінфекційні токсини (фітоантиципіни або фітонциди) рослин та їх особливості; роль цих токсинів у забезпеченні стійкості рослин. Механізми толерантності рослин до власних токсинів. 17.Ціаногенні глікозиди, тіоглікозиди (гірчичні олії), стероїдні та лактонні глікозиди та їх роль у стійкості рослин. 18.Роль піролізидинових алкалоїдів та піретроїдів у стійкості рослин. Механізми детоксикації рослинних токсинів тваринами. 19.Постінфекційні токсини рослин (фітоалексини). Основні положення концепції фітоалексинів К. Мюллера та Х. Бергера. Метод крапельних дифузатів при дослідженні накопичення та хімічної структури молекул фітоалексинів. 20.Системна набута стійкість рослин (SAR): історія відкриття та загальна характеристика. Експерименти Дж. Куча. Поняття «еліситор» та «стресор». 21.Молекулярні основи запуску SAR у відповідь на дію травматичних та нетравматичних стресорів. Саліцилат-залежна, жасмонат-залежна, системін-залежна та оксиліпідна сигнальні системи при індукуванні стійкості рослин. Перспективи використання SAR у захисті рослин. 22.Індукція новоутворень рослин після інфікування *Agrobacterium tumefaciens* та *Agrobacterium rhizogenes*. Структура Ti- та Ri-плазмід та апарат секреції IV типу. 23.Роль гормонів та інших речовин з гормональною активністю у формуванні патосистеми з *Agrobacterium tumefaciens*. Опіни та їх роль у живленні *A. tumefaciens* в тканинах рослини. Загальні уявлення про методи генетичної трансформації рослин з використанням апарату секреції IV типу . 24.Особливості проникнення нітроген-фіксувальних бактерій у рослини (на прикладі *Rhizobium*). Лектини та флавоноїди рослин та їх роль у формуванні патосистеми з нітроген-фіксувальними бактеріями. Nod-гени та їх продукти. 25.Поняття «бактероїд» та «симбіосома». Молекулярні механізми функціонування симбіосоми. Сучасні методи інокулювання рослин бульбочковими бактеріями та їх використання. 26.Загальні уявлення про генетику взаємодій фітопатогенних організмів з рослинами. Концепція взаємодії «ген-на-ген» Г. Флора. Концепції

	полі- та моногенної стійкості рослин. 27.Гени специфічної стійкості рослин (R-гени) та класи білків, що ними кодуються. 28.*Arabidopsis thaliana* як головний модельний об'єкт при дослідженні расоспецифічних рецепторів рослин. 29.Імунологічна реакція надчутливості (апоптозу) та її специфічність до інвайдера. Роль апоптозу при некротрофній та біотрофних інфекції. Молекулярні механізми індукції надчутливості у рослин. 30.Поняття «ген вірулентності» (Vir-ген) та «ген авірулентності» (Avr-ген). Структура та новоутворення специфічних рецепторів розпізнавання інвайдерів рослин. 31.Імунітет, індукований асоційованими з мікроорганізмами молекулярними структурами й імунітет, індукований ефекторами патогенів. MAMPs та їх рецептори. Індукція шляхів трансдукції сигналів рецепторами MAMPs. 32.Сигнальні шляхи, залежні від саліцилової кислоти, жасминової кислоти і етилену. Взаємодії між сигнальними шляхами СК і ЖК / ЕТ. Сигнальна система NO. 33.Вплив факторів навколишнього середовища на розвиток хвороб. Поняття «трикутник захворювання» (патоген - рослина – середовище).Теорія коеволюції патогена та рослини-живителя. Застосування «Принципу Чорної королеви» в фітоімунології Вказані матеріали будуть розміщені також в системі Moodle за адресою http://e-learning.lnu.edu.ua/
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Патологія та імунітет рослин»

Тиждень	Тема занять (короткий перелік)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Терміновик онання
1	**Вступ.**Значення та завдання фітоімунології. Імунітет як загальнобіологічна властивість. Історія розвитку. М.І. Вавілов – засновник вчення про імунітет рослин.	Лекції – 2 год, 2 год – самост. робота		1 тиждень
2	**Патогенез.** Види патогенезу рослин.Вірулентні патогени, їх унікальна здатність до	Лекції – 2 год, 2 год – самост. робота		1 тиждень

	виживання. Плазмодесми та флоема як основні транспортні шляхи руху патогенних організмів.			
3-4	**Розвиток захворювань рослин при ураженні фітопатогенними грибами.**	Лекції – 4 год 6 год – самост. робота		2 тижні
5	**Молекулярні механізми інвазії бактеріальними патогенами у рослинних організмах, їх подібність із тваринними.**	Лекції – 2 год 4 год – самост. робота		1 тиждень
6	**Метаболізм рослин при інфікуванні патогенними нематодами,** формування спеціалізованих структур живлення у коренях. Паразитичні артроподи, безпосереднє ураження та створення полегшених умов для проникнення в рослини вірусів, бактерій та грибів.	Лекції – 2 год 1 год – самост. робота		1 тиждень
7	**Фітопатогенні віруси та мікоплазми.**	Лекції – 2 год 5 год – самост. робота		1 тиждень
8	**Системи захисту рослин.** Комплексні реакції захисту рослин. Індукований захист як результат гіперчутливої реакції. Програма локалізованої смерті клітин, її значення у запобіганні просторового поширення патогенів. Конститутивна стійкість, роль вторинних метаболітів. Значення авенацину А-1.	Лекції – 2 год 6 год – самост. робота		2 тижні
9	**Генетичні основи взаємодії у системі рослина-патоген.** Стійкість рослин до захворювань, домінантні та рецесивні ознаки. Характеристика відомих на сьогодні генів авірулентності рослин. Значення Avr- та R-генів у забезпеченні стійкості	Лекції – 2 год 4 год – самост. робота		1 тиждень

	рослин до захворювань, можливі механізми захисних реакцій за участю продуктів цих генів.			
10-11	**Біохімія захисних реакцій рослин.** Множинні типи реакцій захисту від патогенних впливів у окремих клітинах. Швидка реакція інфікованих клітин. Локальна відповідь і активація генів. Системні відповіді та активація генів. HR, участь у швидкій локалізованій смерті клітини. Реактивний кисень (O_2^- та H_2O_2), утворення на ранніх етапах розвитку стійкості рослин. Утворення NO як результат несумісних взаємодій. Фактори пасивного імунітету: анатомо-морфологічні (восковий наліт), товщина кутикулярного шару; зміцнення клітинної оболонки та екстрацелюлазні взаємодії, значення у стійкості до захворювань. Наявність алкалоїдів, фенолів, дубильних речовин, антоціанів. Роль бензойної та саліцилової кислот у численних захисних реакціях. Жасмонова кислота та етилен у захисних реакціях проти некротрофнихгрибів, їх участь у активації генів. PR-білки та інші захисні білки. Білки-ферменти, що руйнують клітинні оболонки грибів. Антимікробні поліпептиди. Компоненти системи трансдукції сигналу. Фітоалексини. Значення Pls в захисних реакціях від комах. Лектини, їх поширення, склад і структура, роль у міжклітинних взаємодіях. Токсичні лектини, лектини	Лекції – 4 год 8 год – самост. робота		2 тижні

	лікарських рослин. Посттранскрипційне пригнічення – одна із специфічних захисних реакцій на патогенні віруси. Паралельні сигнальні шляхи координації високоспецифічних комплексних захисних реакцій рослин.			
12	**Системні захисні реакції рослин.** Системна набута стійкість.	Лекції – 2 год 4 год – самост. робота		1 тиждень
13	**Системи контролювання стійкості рослин до захворювань. Діагностування захворювань рослин.** Презентації студентських проєктів	Лекції – 2 год 4 год – самост. робота		1 тиждень
14-15	**Засоби контролювання захворюваності рослин.** Агротехнічні заходи. Хімічний контроль. Використання антибіотиків. Викоренення або вилучення патогена. Карантинні заходи.	Лекції – 2 год 4 год – самост. робота		1 тиждень
16	**Генетична інженерія як засіб контролю стійкості рослин до патогенів.** Клонування *R*- та *Avr*-генів в різних комбінаціях, їх використання для стимуляцій набутої стійкості трансгенних рослин. Конститутивна надекспресія чи пригнічення певних генів рослин, її значення у підвищенні стійкості рослин. Експресія продуктів генів патогенного походження, забезпечення стійкості до певних видів вірусів і бактерій. Експресія токсинів *Bacillus thuringiensis* – основа стійкості до певних комах. Створення нових генів, що підвищують стійкість рослин.	Лекції – 4 год 8 год – самост. робота		2 тиждень

	Презентації студентських проєктів			

Автор Наталія Романюк

"Погоджено"

Голова методичної ради
біологічного факультету

_____Віталій Гончаренко

"09" лютого 2022 р.

Гарант ОПП

_____Ігор Хамар

"09" 02 2022 р.