

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
«Молекулярні маркери в селекції рослин»
що викладається в межах ОПП Біотехнології та біоінженерія
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 116 Біотехнології та біоінженерія

Львів 2025

Назва дисципліни	Молекулярні маркери в селекції рослин
Адреса викладання дисципліни	вул. Грушевського, 5, 79005, Львів
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, доктор філософії Макар Орися Орестівна
Контактна інформація викладачів	orysia.makar@lnu.edu.ua
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю). Для питань-відповідей – електронна пошта викладача та соціальні мережі.
Сторінка дисципліни	-
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Молекулярні маркери в селекції рослин» є дисципліною вільного вибору студентів 162 Біотехнології та біоінженерія для освітньої програми, яка викладається в 8-му семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс "Молекулярні маркери в селекції рослин" присвячений вивченню сучасних методів і підходів до ідентифікації, аналізу та використання молекулярних маркерів для прискорення селекційного процесу. Студенти ознайомляться з основними типами маркерів та методами генотипування. Протягом курсу розглядаються принципи маркерно-асоційованого добору (MAS), геномної селекції, створення карт геному та пошуку генів, відповідальних за цінні господарські ознаки – стійкість до хвороб, толерантність до стресів, якість продукції. Вивчаються основи молекулярної діагностики, біоінформатичного аналізу маркерних даних та інтеграція молекулярних методів у класичну селекцію.
Мета та цілі дисципліни	Метою курсу є формування у здобувачів компетентностей з використання молекулярних маркерів у селекційній практиці, а також розуміння їхнього значення в розвитку сучасного аграрного біотехнологічного виробництва. Основними завданнями курсу є: <ul style="list-style-type: none"> • Ознайомлення з сучасними лабораторними методами виявлення і аналізу молекулярних маркерів та формування практичних навичок роботи з молекулярно-генетичними технологіями • Вивчення сучасних підходів до прогнозування селекційної цінності на основі геномних даних, ознайомлення з моделями і алгоритмами геномної селекції, формування навичок картування геному та ідентифікація генів господарсько-цінних ознак(стійкості до хвороб, стресостійкості) • Розуміння принципів і стратегій маркерно-асоційованого добору

	<p>(MAS) у селекційних програмах та вивчення підходів до прискорення селекційного процесу через молекулярний скринінг</p> <ul style="list-style-type: none"> • Оволодіння програмними інструментами для аналізу маркерних даних та формування навичок інтерпретації результатів молекулярно-генетичних досліджень • Підготовка фахівців, здатних впроваджувати сучасні молекулярні технології в селекційні програми; розвиток критичного мислення щодо вибору оптимальних стратегій молекулярної селекції
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Молекулярна генетика і біотехнологія рослин: підручник. – Київ: Логос, 2018. – 456 с. 2. Дуброва О.В., Бавол А.В., Моргун Б.В. Молекулярні маркери в генетиці та селекції рослин: навчальний посібник. – Київ: Фітосоціоцентр, 2016. – 234 с. 3. Волкова Н.Е., Созінов О.О., Файт В.І. Сучасні методи молекулярної селекції рослин: монографія. – Харків: Магда LTD, 2019. – 312 с. 4. Gupta, P.K., Varshney, R.K., Sharma, P.C., Ramesh, B. Molecular markers and their applications in wheat breeding // <i>Plant Breeding</i>. – 1999. – Vol. 118(5). – P. 369-390. 5. Semagn, K., Bjørnstad, Å., Xu, Y. The genetic dissection of quantitative traits in crops // <i>Electronic Journal of Biotechnology</i>. – 2010. – Vol. 13(5). – P. 1-46. 6. Xu, Y., Crouch, J.H. Marker-assisted selection in plant breeding: from publications to practice // <i>Crop Science</i>. – 2008. – Vol. 48(2). – P. 391-407. 7. Varshney, R.K., Terauchi, R., Mc Couch, S.R. Harvest in the promising fruits of genomics: applying genomes equencing technologies to crop breeding // <i>PLoS Biology</i>. – 2014. – Vol. 12(6). – e1001883. 8. Bernardo, R. Molecular markers and selection for complex traits in plants: Learning from the last 20 years // <i>Crop Science</i>. – 2008. – Vol. 48(5). – P. 1649-1664. 9. Heffner, E.L., Sorrells, M.E., Jannink, J.L. Genomic selection for crop improvement // <i>Crop Science</i>. – 2009. – Vol. 49(1). – P. 1-12. <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кочерга А.А., Дуброва О.В., Моргун Б.В. Використання молекулярних маркерів у селекції пшениці на стійкість до хвороб // <i>Физиология растений и генетика</i>. – 2017. – Т. 49, № 3. – С. 191-206. 2. Литвиненко М.А., Рибалка О.І., Топораш І.Г. Молекулярні маркери в селекції озимої пшениці // <i>Селекція і насінництво</i>. – 2016. – Вип. 109. – С. 15-28. 3. Файт В.І., Созінов І.О., Стасів О.Ф. Біотехнологія рослин: підручник. – Київ: Аграрна наука, 2020. – 548 с. 4. Liu, S., Anderson, J.A. Marker assisted evaluation of Fusarium head blight resistant wheat germ plasm // <i>Crop Science</i>. – 2003. – Vol. 43(3). – P. 760-766. 5. Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., et al. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting // <i>Nucleic Acids Research</i>. – 1995. – Vol. 23(21). – P. 4407-4414. 6. Wang, D.G., Fan, J.B., Siao, C.J., et al. Large-scale identification,

	<p>mapping, and genotyping of single-nucleotide polymorphisms in the human genome // Science. – 1998. – Vol. 280(5366). – P. 1077-1082.</p> <p>7. Mc Couch, S.R., Teytelman, L., Xu, Y., et al. Development and mapping of 2240 new SSR markers for rice (<i>Oryza sativa</i> L.) // DNA Research. – 2002. – Vol. 9(6). – P. 199-207.</p> <p>8. Meuwissen, T.H., Hayes, B.J., Goddard, M.E. Prediction of total genetic value using genome-widense marker maps // Genetics. – 2011. – Vol. 157(4). – P. 1819-1829.</p>
Тривалість курсу	Один семестр
Обсяг курсу	60 годин аудиторних занять (з них 30 годин лекцій, 30 годин практичних занять) та 120 годин самостійної роботи, усього 180 годин
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p>знати класифікацію, характеристики та принципи роботи основних типів молекулярних маркерів, методи виділення та аналізу геномної ДНК з різних рослинних тканин, принципи ПЛР та її модифікації для молекулярного генотипування, принципи побудови генетичних і фізичних карт геному, стратегії маркерно-асоційованого добору та основні бази даних для роботи з маркерами рослин</p> <p>вміти виділяти геномну ДНК з різних органів рослин, проводити електрофорез ДНК в агарозному гелі, ставити та оптимізувати ПЛР, проводити маркерний скринінг селекційного матеріалу, будувати філогенетичні дерева за маркерними даними та розробляти стратегії MAS для конкретних селекційних задач</p>
Ключові слова	Молекулярні маркери, селекція, гени, генетична інженерія
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, практичних занять та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Перелік тем наведено у табл. 1
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін: ботаніки, фізіології і біохімії рослин, генетики, біохімії, органічної, аналітичної хімії, англійської мови професійного спрямування – для розуміння джерел
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), практичні заняття, розповіді, пояснення, дискусії
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор, доступ до інтернету
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • контрольні заміри (модулі): 30 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 30. • груповий проект – 25 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 25. • створення словника в системі Moodle - 15 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 15. • практичні заняття 30 % семестрової оцінки. Максимальна

кількість балів – 30.

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 незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

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 завдань, 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 немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній і груповій роботі. При цьому обов'язково враховується присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття.; недопустимість пропусків та запізень 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.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Питання для підготовки до модульного контролю

1. Охарактеризуйте основні етапи історичного розвитку молекулярного маркування в селекції рослин.
2. Поясніть природу поліморфізму ДНК у рослин.
3. Порівняйте домінантні та кодомінантні маркери.
4. Поясніть різницю між методами секвенування Сенгера та NGS (секвенування нового покоління).
5. Що таке SNP-маркери? Чому вони стали найпопулярнішим типом маркерів у сучасній геномній селекції?
6. Назвіть основні відмінності між генетичними та фізичними картами геному.
7. Поясніть концепцію груп зчеплення та їх значення для побудови генетичних карт рослин.
8. Що таке ВАС-бібліотеки і як вони використовуються у фізичному картуванні геномів рослин?
9. Які особливості виділення ДНК з рослин, багатих на поліфеноли та полісахариди (картопля, соя)?
10. Поясніть принципи спектрофотометричної оцінки якості та концентрації ДНК.
11. Які є основні компоненти ПЛР-реакції та їхні функції.
12. Що таке multiplex-PCR і коли доцільно його застосовувати в маркерному аналізі?
13. Опишіть процес дизайну праймерів для ПЛР. Які основні параметри необхідно враховувати?
14. Охарактеризуйте різні типи картувальних популяцій та назвіть

	<p>переваги та недоліки кожного типу?</p> <p>15. Поясніть принцип QTL-картування та його значення для селекції.</p> <p>16. Поясніть концепцію позиційного клонування генів.</p> <p>17. Поясніть принцип порівняльної геноміки рослин. Як синтенія використовується для пошуку генів у споріднених видів?</p> <p>18. Що таке частота рекомбінації і як вона пов'язана з генетичною відстанню між маркерами?</p> <p>19. Поясніть, що таке фізична відстань між маркерами та як вона співвідноситься з генетичною відстанню у різних регіонах геному.</p> <p>20. Суть методу FISH (Fluorescent In Situ Hybridization) та його застосування у фізичному картуванні хромосом рослин.</p> <p>21. Що таке маркерно-асоційований добір? Опишіть його основні стратегії та переваги над традиційною селекцією.</p> <p>22. Поясніть концепцію піраміднування генів стійкості.</p> <p>23. Опишіть гени стійкості до борошнистої роси у пшениці</p> <p>24. Які молекулярні маркери використовуються для аналізу якості зерна пшениці?</p> <p>25. Поясніть, як SSR-маркери використовуються для контролю генетичної чистоти насіння гібридних культур (кукурудза, соняшник).</p> <p>26. Назвіть гени яровості/озимості (Vrn) та фотоперіодичної чутливості (Ppd) у злакових культур.</p> <p>27. Які молекулярні маркери використовуються для добору на стійкість до вилягання у злакових?</p> <p>28. Поясніть принципи молекулярного маркування стійкості до абіотичних стресів (посуха, холод, засолення).</p> <p>29. Опишіть процес маркерної ідентифікації генів стійкості до фітофторозу у картоплі. Які R-гени найчастіше використовуються?</p> <p>30. Поясніть, як інтегрувати молекулярні маркери в традиційну селекційну програму.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

**Схема курсу «Молекулярні маркери в селекції рослин»

Тиждень	Теми занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Кількість годин
1	Вступ до курсу. Історія розвитку молекулярного маркування в селекції рослин	Лекція, 2 год	Буде наведена в системі Moodle на сторінці курсу	1 тиждень
	Структура ДНК, РНК, організація геному рослин, поліморфізм ДНК	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Виділення геномної ДНК з рослинного матеріалу	Практична робота, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Порівняльний аналіз типів молекулярних маркерів для різних селекційних задач	Самостійна робота, 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
2	Класифікація молекулярних маркерів: огляд та порівняльна характеристика	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

	Спектрофотометрична оцінка концентрації та чистоти ДНК	Практична робота, 4 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Аналіз успішних кейсів впровадження молекулярних маркерів у світовій селекції	Самостійна робота, 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
3	Мікросателітні маркери: природа мікросателітів, розробка SSR-маркерів, високий поліморфізм	Лекція, 4 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Виділення геномної ДНК з листків пшениці методом СТАВ	Практична робота, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Пошук та аналіз послідовностей у базах даних NCBI	Самостійна робота, 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
4	ПЛР та її модифікації в молекулярному маркуванні	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Виділення ДНК з рослин, багатих на поліфеноли та полісахариди	Практична робота, 4 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Побудова філогенетичних дерев за маркерними даними	Самостійна робота, 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
5	Секвенування ДНК: методи Сенгера та NGS	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Принципи побудови генетичних карт та типи картувальних популяцій	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Розрахунок розчинів та приготування реактивів для ПЛР	Практична робота, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Піраміднування генів стійкості за допомогою маркерів	Самостійна робота, 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
6	Фізичне картування та інтеграція генетичних і фізичних карт, ВАС-бібліотеки, FISH та порівняльна геноміка	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Ампліфікація генів стійкості до борошнистої роси у пшениці	Практична робота, 4 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	KASP-генотипування SNP у рослин для визначення стійкості до хвороб	Самостійна робота, 18 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
7	Стратегії ідентифікації генів на основі їхньої позиції на хромосомі	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Повногеномний пошук асоціацій, панелі для аналізу, популяційна структура	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Маркери якості зерна	Практична	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

	пшениці: гени глютенінів та гліадинів	робота, 2 год		
	Огляд баз даних та біоінформатичних ресурсів для роботи з маркерами рослин	Самостійна робота, 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
8	Принципи та стратегії маркерно-асоційованого добору	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Аналіз генетичної чистоти насіння кукурудзи	Практична робота, 4 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	SNP-аналіз генів цвітіння у ячменю (Ppd, Vrn)	Самостійна робота, 12 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
9	Маркери стійкості до абіотичних стресів	Лекція, 4 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Маркери стійкості до вилягання у злакових культур	Практична робота, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Комплексний селекційний проект: від польового добору до молекулярного скринінгу	Самостійна робота, 18 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
10	Інтеграція молекулярних маркерів у селекційні програми: практичні приклади	Лекція, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Представлення презентацій студентських проєктів	Практична робота, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень
	Підсумки. Визначення можливих напрямків подальших досліджень у біології рослин	Практична робота, 2 год	Дод. інф. у Moodle	1 тиждень

Автор

Орися МАКАР

"Погоджено"
Голова методичної ради
біологічного факультету

Віталій ГОНЧАРЕНКО

"10" 02. 2025 р.

Гарант ОПІ

Віктор ФЕДОРЕНКО

"10" 02. 2025 р.