

УДК 378.016:577.2+575

DOI <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2024-2-6>

ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКО-МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН У НАВЧАННІ ГЕНЕТИКИ ЗАСОБАМИ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ

Довгопола Людмила Іванівна,

кандидат педагогічних наук, доцент,

доцент кафедри природничих дисциплін і методики навчання

Університету Григорія Сковороди в Переяславі

ORCID ID: 0000-0001-6407-332X

Scopus author ID: 57223440321

Researcher ID: JPF-4317-2023

Стаття присвячена одній із актуальних проблем підготовки до професійної діяльності майбутніх учителів за предметною спеціальністю 014.15 Середня освіта (Природничі науки) – впровадженню компетентнісного підходу. Виокремлюється дослідницько-математична компетентність, яка є складовою професійної компетентності студентів-природничиків. Запропоновано авторське трактування означеного феномену, що являє цілісну інтегративну динамічну якість особистості, яка ґрунтується на готовності майбутнього вчителя-природничика ефективно здійснювати аналіз власної дослідницької діяльності, який базується на фундаментальних знаннях і умінні оперувати математично-статистичними методами із метою розв'язання природничих задач, що виникають у процесі їх професійної діяльності. Обґрунтовано, що формування у здобувачів вищої освіти спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки) першого (бакалаврського) рівня вищої освіти означеної компетентності відбувається упродовж усього терміну навчання в Університеті Григорія Сковороди в Переяславі та включає: дослідницько-математичну, методичну і практичну підготовку. З'ясовано, що вивчення освітніх компонентів «Основи молекулярної біології і генетики» та «Навчальна практика з генетики й основ селекції» займає центральне місце в підготовці майбутніх учителів природничих дисциплін.

Використання методів математичної статистики у навчанні генетики розглядається як один із засобів формування дослідницько-математичної компетентності. Виокремлено навчальні ресурси, які сприяють ефективному формуванню досліджуваної якості – розв'язання дослідницьких задач або науково-дослідницьких проєктів із природничих наук. Запропоновано орієнтовну тематику науково-дослідницьких проєктів, які можна реалізувати у процесі навчальної практики з генетики й основ селекції. Наведено приклад науково-дослідницького проєкту на тему: «Біометричне вивчення модифікаційної мінливості».

Ключові слова: професійна підготовка, дослідницько-математична компетентність, освітній процес, статистичні методи дослідження, генетика, здобувачі вищої освіти предметної спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки).

Dovhopola Liudmyla. Formation of research and mathematical competence of future natural sciences teachers in teaching genetics by use of statistical methods

The article is devoted to one of the urgent problems of training future teachers in the subject specialty 014.15 Secondary Education (Natural Sciences) – implementation of the competence approach. Research and mathematical competence is singled out, which is a component of the professional competence of natural sciences students. The author's interpretation of the given phenomenon is proposed, which represents a holistic integrative dynamic quality of the personality, based on the readiness of the future natural sciences teacher to effectively carry out the analysis of his own research activity, which is based on fundamental knowledge and the ability to operate with mathematical and statistical methods in order to solve natural problems, which arise in the course of their professional activity. It is substantiated that the formation in students of specialty 014.15 Secondary education (Natural sciences) of the first (bachelor) level of higher education of the defined competence takes place throughout the entire period of study at Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav and includes: research and mathematical, methodological and practical training. It was found that the study of the educational components «Basics of molecular biology and genetics» and «Educational practice in genetics and the basics of selection» occupies a central place in the training of future natural sciences teachers.

The use of mathematical statistics methods in the teaching of genetics is considered as one of the means of forming research-mathematical competence. Educational resources that contribute to the effective formation of researched quality – the solution of research problems or research projects in the natural sciences – have been singled out. Suggested topics of research projects that can be implemented in the process of educational practice in genetics and the basics of breeding are proposed. An example of a research project on the topic: «Biometric study of modification variability» is given.

Key words: professional training, research and mathematical competence, educational process, statistical methods of research, genetics, students of the subject specialty 014.15 Secondary education (Natural sciences).

Вступ. Якість підготовки здобувачів вищої освіти залежить від того, якою мірою отримані знання і уміння в закладі вищої освіти, затребувані та значущі у майбутній професійній діяльності. Із метою підвищення рівня мотивації студентів до навчання, а також їх інтересу до майбутньої професії необхідно, щоб вивчення будь-якого освітнього компонента в закладі вищої освіти мало професійну спрямованість і певний вплив на формування професійної компетентності майбутнього фахівця.

Професійна спрямованість навчання майбутніх учителів природничих дисциплін передбачає насичення освітнього процесу підготовки студентів спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки) у змісті, методах, технологіях і формах навчання засобами майбутньої професії, наслідком чого є їх сформована готовність до професійної діяльності в освітній природничій галузі.

Аналіз професійної діяльності вчителя-природничика вказує на те, що значна частина його роботи пов'язана з низкою дослідницьких і математичних задач, розв'язуючи які, здобувачі середньої освіти з'ясовують сутність тих чи інших природних процесів, явищ, законів і теорій тощо. Отже, важливою складовою успішного становлення майбутнього вчителя природничої освітньої галузі як професіонала, є формування у нього дослідницько-математичної компетентності [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Проблеми професійної підготовки майбутніх вчителів природничих дисциплін досліджують А. Грабовий, Н. Грицай, Т. Засєкіна, О. Лаврентьєва, Н. Мирна, Н. Москалюк, Л. Нікітченко, В. Оніпко, С. Стрижак, І. Сяська та ін. Вони наголошують на тому, що компетентнісний підхід є інтегральним у навчанні здобувачів вищої освіти.

Дослідженню сучасних методологічних підходів у навчанні генетики присвячено невелику кількість наукових праць. Так, методичні особливості викладання означеного освітнього компонента в закладах вищої освіти розглядають вітчизняні педагоги: Л. Бурчак, М. Мигун (практична спрямованість польової практики з генетики на прикладі явищ множинного алелізму і поліплоїдії) [2], Т. Гедзур, М. Вакерич, А. Колесник (методологічні підходи до викладання генетики в закладах вищої освіти України) [3], О. Лагутенко (вивчення основ біометрії в курсі «Генетика з основами селекції» як важливої складової формування навичок дослідницької діяльності здобувачів вищої освіти) [4], Т. Юсипіва (методичні аспекти використання проєктної технології для опанування здобувачами освіти матеріалу із генетики та біології) [5] та ін. Зміст генетичної освіти у закладах загальної середньої освіти розкрито в наукових доробках Л. Бондар, К. Бородіної, О. Горбатюк, С. Горбулінської А. Кмець, С. Скрипник та ін.

Мета статті – обґрунтування можливостей використання методів математичної статистики у навчанні генетики із метою формування дослідницько-математичної компетентності майбутнього учителя природничих дисциплін.

Матеріали та метод. Для реалізації мети у дослідженні використовувалися такі теоретичні методи, а саме: аналіз, порівняння й узагальнення науково-педагогічної та методичної літератури, освітньо-професійних програм, робочих програм освітніх компонентів із проблеми формування дослідницько-математичної компетентності майбутніх учителів за предметною спеціальністю 014.15 Середня освіта (Природничі науки), що сприяло уточненню понятійно-

термінологічного апарату розвідки, розробці методики формування досліджуваної якості.

Результати. Безперервний розвиток природничих наук демонструє, що для розуміння і вивчення явищ, процесів, законів і теорій природи необхідне використання понять і підходів точних наук. Математика є фундаментом для аналізу і моделювання фізичних, хімічних і біологічних процесів тощо. Вона необхідна для обробки емпіричних даних природничих наук. Для сучасного вчителя природничих дисциплін значущою також є і дослідницька складова його професійної діяльності. Адже він повинен не лише забезпечити поглиблене вивчення предметів природничої освітньої галузі, а й розвивати творчі здібності учнів, формувати основні вміння і навички їх дослідницької діяльності. Погоджуємося із О. Лагутенко, що «важливою складовою формування дослідницької компетентності майбутніх учителів біології, яка забезпечує поглиблення теоретичних знань і розвиток дослідницьких умінь, є вивчення основних положень і методичних основ біометричного аналізу, які найбільш часто застосовуються при проведенні біологічних досліджень» [4]. Отже, майбутній вчитель-природничник повинен одночасно володіти фундаментальними фаховими поняттями і логічними концептуальними схемами, які характерні для біології, хімії, фізики та математики.

Враховуючи, що в природничих науках для демонстрації, систематизації й обробки результатів дослідження об'єктів, процесів і явищ природи використовуються дослідницькі та математично-статистичні методи, можна стверджувати, що дослідницько-математична компетентність учителя природничих дисциплін є складовою його професійної компетентності. Означений феномен варто сприймати як цілісну інтегративну динамічну якість особистості, яка ґрунтується на готовності майбутнього вчителя-природничника ефективно здійснювати аналіз власної дослідницької діяльності, яка базується на фундаментальних знаннях і умінні оперувати математично-статистичними методами із метою розв'язання природничих задач, що виникають у процесі їх професійної діяльності [1].

Формування у здобувачів вищої освіти спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки) першого (бакалаврського) рівня вищої освіти означеної компетентності відбувається упродовж усього терміну навчання в Університеті Григорія Сковороди в Переяславі та включає: *дослідницько-математичну підготовку* («Вища математика», «Основи наукових досліджень та академічного письма», «Екологія», «Основи молекулярної біології і генетики», «Хімія органічна», «Загальна та неорганічна хімія», «Хімія аналітична», «Хімія фізколоїдна», «Біохімія», «Загальна фізика», «Теоретична фізика», «Курсова робота з предметної спеціальності», «Дослідницька діяльність учнів із вивчення природи в базовій школі», «Основи досліджень доквілля» тощо); *методичну підготовку* («Методика навчання біології», «Методика навчання хімії», «Методика навчання фізики», «Методика навчання природничих наук (інтегровані курси)», «Методика розв'язування задач із природничих дисциплін» тощо); *практичну підготовку* («Навчальна практика з генетики й основ селекції», «Навчально-польова практика з ботаніки та зоології» тощо).

Генетика відноситься до провідних наук сучасної природничої галузі як за швидкістю акумулювання наукової інформації, значимістю і глибиною наукових відкриттів, так і за тим впливом, який вона здійснює на життя людини. Її досягнення мають вагомое значення для розвитку медицини, сільського господарства, фізіології рослин і слугують основою сучасної біотехнології [2]. Генетика узагальнює знання здобувачів освіти з хімії, фізики та інших біологічних дисциплін, а також тих дисциплін, які пов'язані з біохімією, біофізикою і молекулярною біологією [6]. А методи пізнання природи, які використовуються у навчанні означеної дисципліни, формують у студентів-природничників уміння роботи припущення, розрахунки, аналізувати отримані результати, формулювати висновки тощо. Тому вивчення освітніх компонентів (ОК) «Основи молекулярної біології і генетики» та «Навчальна практика з генетики й основ селекції» займає центральне місце в підготовці майбутніх учителів природничих дисциплін.

Так, В. Оніпко акцентує увагу на важливості практичної компоненти професійної підготовки майбутніх учителів природничих дисциплін, адже розв'язання практичних завдань створює умови для формування у студентів профільно-зорієнтованих компетенцій, посилення практичної та професійно-орієнтованої спрямованості освітнього процесу [7].

Освітній компонент «Навчальна практика з генетики й основ селекції» є обов'язковим видом навчальної діяльності бакалавра та має професійну спрямованість. Він є логічним завершенням вивчення дисципліни «Основи молекулярної біології і генетики», що дозволяє здобувачам вищої освіти більш повно оволодіти курсом. У відповідності до освітньо-професійної програми «Середня освіта (Природничі науки)» бакалаврського рівня вищої освіти проходження студентами навчальної практики з генетики й основ селекції передбачає оволодіння ними наступними компетентностями: *інтегральною* – здатність розв'язувати складні спеціалізовані практичні завдання у галузі середньої освіти, що передбачає застосування теорій та інноваційних методів освітніх і природничих наук й характеризується комплексністю і невизначеністю педагогічних умов в організації освітнього процесу основної (базової) школи; *фаховими* – здатність здійснювати безпечні біологічні, хімічні та фізичні дослідження у лабораторних і природних умовах, інтерпретувати їх результати в освітньому процесі; здатність здійснювати збір й аналіз емпіричних даних за допомогою спеціальних методів, прийомів, обладнання із метою виконання дослідницької роботи в галузі природничих наук у польових і лабораторних умовах; здатність застосовувати базові знання про функціонування живої матерії на молекулярному, клітинному та популяційному рівнях на практиці; здатність використовувати досягнення системи природничих наук у процесі вивчення і збереження довкілля.

Погоджуємося із Л. Бурчак і М. Мигун, які акцентують увагу на тому, що «навчально-польова практика з генетики є однією із найефективніших форм організації навчальної діяльності майбутнього вчителя біології, формування у нього професійної компетентності та готовності до дослідницької діяльності. Крім того, польова практика з генетики спонукає студентів до науково-практичного сприймання й осмислення об'єктів та явищ природи» [2]. Адже завданнями практики, згідного робочої програми, є: сформулювати у здобувачів освіти уявлення про методологію і методику організації і проведення науково-дослідної роботи з генетики в польових умовах і науково-дослідних лабораторіях (ЗВО, наукових інститутів, організацій і підприємств); створити умови для формування у них умінь і навичок із пошуку, обробки, аналізу і систематизації науково-дослідної інформації із генетики. Отже, її опанування студентами-природничиками передбачає формування у них дослідницько-математичної компетентності. Важливою складовою формування якої є вивчення студентами основних положень і методичних основ статистичних методів аналізу емпіричних даних, які найбільш часто застосовуються у природничих дослідженнях.

Ефективним освітнім інструментом формування у майбутніх учителів-природничиків дослідницько-математичної компетентності, є розв'язання дослідницьких задач або науково-дослідницьких проектів із природничих наук. Так, проектну роботу з генетики Т. Юсіпіва пропонує розглядати як «цілісну структурну дидактичну одиницю, що становить собою проблемне завдання, структуроване на задачі» [5]. Під час роботи над проектом у процесі навчальної практики з генетики й основ селекції студенти опановують методику побудови варіаційних рядів, визначають їх моду і медіану; виконують графічну презентацію розподілів; набувають умінь із обчислення їх статистик (середнє арифметичне значення, квадратичне відхилення, дисперсію статистичного ряду тощо); ознайомлюються із основами кореляційного аналізу результатів експериментальних досліджень тощо (табл. 1).

Таблиця 1

Дослідницько-математична складова змісту ОК «Навчальна практика з генетики й основ селекції»

Теми ОК	Дослідницько-математична складова змісту ОК
Тема 1. Спадковість. Біологія і генетика розмноження	Схрещування як основний метод генетичного аналізу. Кількісний облік гібридів та оцінка вірогідності експериментальних даних.
Тема 2. Мінливість: модифікаційна, мутаційна	Методи вивчення модифікаційної мінливості. Поняття про норму реакції. Математичний метод як основний при вивченні модифікаційної мінливості. Варіаційний ряд. Частота варіацій ознаки. Графічний аналіз варіаційного ряду тощо. Мутаційна мінливість на прикладі поліморфізму. Успадкування у серії множинних алелей. Генотиповий і фенотиповий поліморфізм у природних популяціях. Кількісні методи обліку мутацій на різних об'єктах.
Тема 3. Генетика популяцій. Генетична структура популяції	Практичне використання закону Харді-Вайнберга. Популяційно-генетичний аналіз деяких ознак за допомогою рівняння Харді-Вайнберга.

Із метою формування означеної якості майбутніх учителів природничої освітньої галузі ми пропонуємо орієнтовну тематику науково-дослідницьких проєктів, які можна реалізувати у процесі навчальної практики з генетики й основ селекції, а саме: «Оцінка співвідношення чоловічих і жіночих рослин у різних фітопопуляціях», «Визначення статевої структури популяцій безхребетних або хребетних тварин у залежності від умов проживання», «Аналіз залежності типу схрещування у тварин від їх розмірів і оцінка ступеня мінливості розмірів тіла у самців і самок», «Аналіз явища статевого диморфізму», «Вивчення генетичної мінливості та рівня генетичної різноманітності популяцій різних видів дрібних ссавців», «Визначення частоти генів у популяції», «Вивчення морфологічної мінливості природних гібридів», «Оцінка ступеня модифікаційної мінливості різних ознак у рослин», «Аналіз внутрішньопопуляційної мінливості різних ознак у безхребетних тварин у залежності від умов проживання», «Оцінка сировинної потужності лікарських рослин у залежності від місцезростання», «Вивчення фенотипової і генотипової структури популяцій рослин або тварин», «Вивчення явища поліморфізму в рослин», «Визначення антропогенного навантаження за малюнком «сивої» плями на листку *Trifolium repens* (морфогенетичний поліморфізм)», «Множинний алелізм природних фітопопуляцій на прикладі *Trifolium repens*» тощо.

У цьому контексті пропонуємо приклад науково-дослідницького проєкту на тему:

Біометричне вивчення модифікаційної мінливості

Вивчення закономірностей та основних характеристик модифікаційної мінливості живих організмів здобувачами першого рівня вищої освіти спеціальності 014.15 Середня освіта (Природничі науки) відбувається із використанням статистичних методів аналізу емпіричних даних. У процесі навчальної практики з генетики й основ селекції студенти самостійно збирають морфометричні показники ознак об'єкту дослідження, які вони будуть аналізувати. Наприклад: довжина або ширина листкової пластинки вказаного виду дерева (берези повислої (*Betula pendula* Roth.), дуба звичайного (*Quercus robur* L.), верби білої (*Salix alba* L.), абрикоса звичайного (*Armeniaca vulgaris* Lam.), вишні звичайної (*Prunus cerasus* L.)), кількість генеративних пагонів у фітопопуляції *Veronica incana* L., кількість колосків у колосі пшениці, довжина колосків пшениці в вибірці генеральної сукупності, об'єм якої більше 50 тощо [8; 9].

Студентам-природничникам пропонується:

- із отриманих замірів (емпіричних даних) скласти ранжований варіаційний ряд;
- дослідити та охарактеризувати як варіює досліджувана ознака, а саме: визначити ліміти варіації, її розмах, значення класового інтервалу тощо;
- скласти таблицю «Варіаційний інтервальний ряд розподілу» за поданим шаблоном (табл. 2);

Таблиця 2

Варіаційний інтервальный ряд розподілу

Класи	Класи ($w_0 - w_t$)	Центральні значення класів (w_i)	Частоти варіантів у класах (f)	Кумулятивна частота класу

– здійснити статистичну обробку емпіричних даних (середнє арифметичне, стандартне відхилення (табл. 3), коефіцієнт варіації, похибку середнього арифметичного);

Таблиця 3

Обчислення добутоків частот на квадрати відхилень при підрахунку кількості генеративних пагонів у фітопопуляції *Veronica incana* L. [9]

Варіанта (x)	Частота (f)	Відхилення варіації від середнього арифметичного ($x_i - \bar{x}$)	Квадрат відхилення ($(x_i - \bar{x})^2$)	Добуток частоти на квадрат відхилення $f(x_i - \bar{x})^2$
0	5	(0-4) = -4	16	80
1	6	(1-4) = -3	9	54
2	7	(2-4) = -2	4	28
3	6	(3-4) = -1	1	6
4	10	(4-4) = 0	0	0
5	4	(5-4) = +1	1	4
6	3	(6-4) = +2	2	5
7	3	(7-4) = +3	9	27
8	0	(8-4) = +4	16	0
9	2	(9-4) = +5	25	50
10	1	(10-4) = +6	36	36
11	2	(11-4) = +7	48	96
12	0	(12-4) = +8	64	0
13	1	(13-4) = +9	81	81
$\sum f(x_i - \bar{x})^2$				467
$\tilde{A} = \mp \sqrt{\frac{467}{50}} \approx 3,09$ генеративних пагонів <i>Veronica incana</i> L.				

– із метою наочної візуалізації закономірності варіювання досліджуваної ознаки на основі заповненої таблиці побудувати варіаційну криву (гістограму (рис. 1), частотний полігон, кумуляту або огіву);

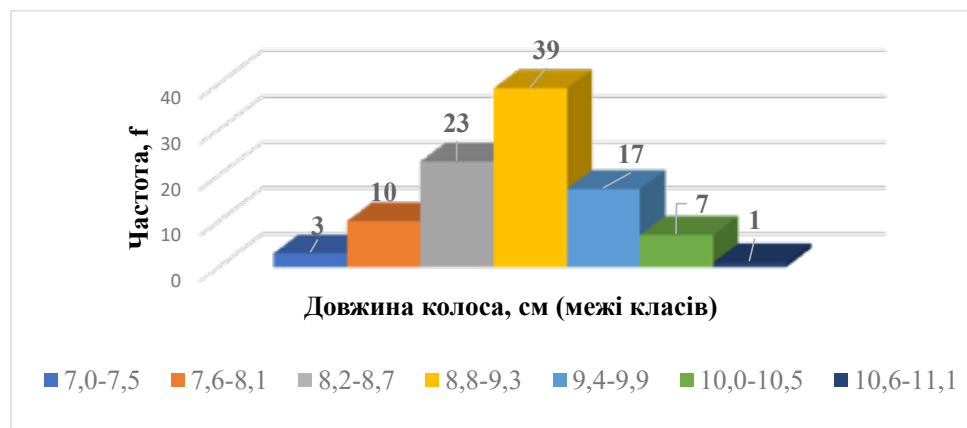


Рис. 1. Гістограма розподілу частот варіаційного ряду довжини колосків пшениці в вибірці (50 шт.) генеральної сукупності [10]

– оскільки між морфологічними елементами живих організмів існує певний взаємозв’язок (зазвичай, прямолінійний), який полягає у тому, що із збільшенням або зменшенням розміру одного елемента (x) відповідно збільшуються або зменшуються розміри іншого (y) студентам-природникам пропонується встановити кореляційний зв’язок (коефіцієнт кореляції) між двома досліджуваними ознаками, наприклад: довжиною колоса пшениці (x) та кількості зерен у ньому (y), між висотою надземних пагонів трав’янистих рослин (x) і довжиною їх коренів (y), між діаметром стовбура (x) дерева і його висотою (y) тощо. Наприклад: визначити кореляційне відношення між довжиною надземних пагонів кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale* Wigg) (x) і довжиною її коренів (y) (табл. 4) [10].

Таблиця 4

Визначення кореляційного відношення між довжиною пагонів і коренів *Taraxacum officinale*

№п/п	Довжина пагона, см – x	Довжина кореня, см – y	$a_x = x_x - \bar{x}_x$	$a_y = x_y - \bar{x}_y$	$a_x a_y$	a_x^2	a_y^2
1.	4	3					
2.		3,1					
3.		3,5					
4.		4,1					
5.		3,5					
6.	6	4					
7.		3,5					
8.		5					
9.	7	5					
10.		5,3					
$n=10$	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ

Ознайомлення здобувачів вищої освіти за спеціальністю 014.15 Середня освіта (Природничі науки) із методикою статистичних досліджень у процесі вивчення освітніх компонентів «Основи молекулярної біології і генетики» та «Навчальна практика з генетики й основ селекції» сприяє їх зацікавленості та розвиває у них навички наукового дослідження. Уміння здійснювати статистичну обробку і аналізувати отримані експериментальні дані знадобиться їм у подальшому навчанні при написанні курсових і кваліфікаційних робіт.

Висновки. Отже, застосування методів математичної статистики у навчанні генетики є ефективним засобом формування дослідницько-математичної компетентності майбутнього вчителя природничих дисциплін, зокрема використання таких освітніх ресурсів, як розв’язування дослідницьких задач або науково-дослідницьких проєктів із природничих наук, сприяє розвитку компонентів означеної якості, а саме: уміння аналізувати власну дослідницьку діяльність, яка базується на фундаментальних знаннях і умінні оперувати математично-статистичними методами із метою розв’язання природничих задач, що виникають у процесі їх професійної діяльності.

Із метою покращення якості освітнього процесу, його професійної спрямованості та ефективного формування дослідницько-математичної компетентності здобувачів вищої освіти пропонуємо ввести у вибірковий блок ОПП «Середня освіта (Природничі науки)» навчальну дисципліну «Статистичні методи досліджень у природничих науках».

Література:

1. Довгопола Л. І. Формування дослідницько-математичної компетентності у процесі професійної підготовки майбутніх учителів біології. *Актуальні питання гуманітарних наук: Міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка*. 2022. Вип. 55. Т 3. С. 260–271.

2. Бурчак Л., Мигун М. Вивчення явища поліплоїдії у рослин під час навчально-польової практики студентів з генетики. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*. 2015. № 1. С. 60–66.
3. Гедзур Т., Вакерич М., Колесник А. Методологічні підходи до викладання генетики в закладах вищої освіти України. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 2(30). С. 1054–1065.
4. Лагутенко О. Т. Вивчення основ біометрії в курсі «Генетика з основами селекції» як важлива складова формування навичок дослідницької діяльності. *Єдність навчання і наукових досліджень – головний принцип університету: збірник наукових праць звітно-наукової конференції викладачів університету за 2012 рік, 9-10 лютого 2013 року* / укл. Г. І. Волинка, О. В. Уваркіна, О. П. Ємельянова. Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2013. С. 134–136.
5. Юсипіва Т. Метод проєктів у вивченні дисципліни «Основи антропології, біології та генетики людини»: формування професійних компетентностей майбутніх учителів біології та основ здоров'я. *Витоки педагогічної майстерності*. 2022. № 29. С. 240–248.
6. Оніпко В. В. Професійна підготовка вчителя природничих дисциплін до роботи в профільній школі: монографія. Полтава: ПНПУ імені ВГ Короленка, 2011. 376 с.
7. Горбулінська С., Боднар Л. Проблемне навчання як засіб формування знань з генетики та біотехнології у профільній загальноосвітній школі. *Проблеми підготовки сучасного вчителя*. 2015. №. 11 (1). С. 165–171.
8. Довгопола Л. І. Навчальна практика з генетики як компонент практико-орієнтованого підходу в системі підготовки майбутніх учителів природничих дисциплін. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 2020. Т. 1. №. 28. С. 246–251.
9. Довгопола Л. І. Основи молекулярної біології і генетики: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), галузі знань 01 Освіта/Педагогіка. Переяслав: ФОП Домбровська Я. М., 2021. 177 с.
10. Шапран Ю. П., Довгопола Л. І. Статистичні методи аналізу емпіричних даних у біології: навч.-метод. посіб. Переяслав (Київ. обл.): Домбровська Я. М., 2022. 92 с.

References:

1. Dovhopola, L.I. (2022). Formuvannya doslidnytsko-matematychnoi kompetentnosti u protsesi profesiinnoi pidhotovky maibutnix uchyteliv biolohii [Formation of research-mathematical competence in the process of professional training of future biology teachers]. *Aktualni pytannia humanitarnykh nauk: Mizhvuzivskyi zbirnyk naukovykh prats molodykh vchenykh Drohobytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Ivana Franka*, 55(3), 260–271 [in Ukrainian].
2. Burchak, L., & Myhun, M. (2015). Vyvchennia yavyshcha poliploidii u roslyn pid chas navchalno-polovoi praktyky studentiv z henetyky [Study of the phenomenon of polyploidy in plants during educational and field practice of genetics students]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu*, 1, 60–66 [in Ukrainian].
3. Hedzur, T., Vakerych, M., & Kolesnyk, A. (2024). Metodolohichni pidkhody do vykladannia henetyky v zakladakh vyshchoi osvity Ukrainy [Methodological approaches to teaching genetics in higher education institutions of Ukraine]. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnolohii*, 2(30), 1054–1065 [in Ukrainian].
4. Lahutenko, O.T. (2013). Vyvchennia osnov biometrii v kursy «Henetyka z osnovamy selektsii» yak vazhlyva skladova formuvannia navychok doslidnytskoi diialnosti [Studying the basics of biometrics in the course «Genetics with the basics of selection» as an important component of the formation of research skills]. *Yednist navchannia i naukovykh doslidzhen – holovnyi pryntsyp universytetu: zbirnyk naukovykh prats zvitno-naukovoї konferentsii vykladachiv universytetu za 2012 rik, 9-10 liutoho 2013 roku* / uкл. H. I. Volynka, O. V. Uvarkina, O. P. Yemelianova. Kyiv: NPU imeni M. P. Drahomanova, 134–136 [in Ukrainian].
5. Iusypiva, T. (2022). Metod proiektiv u vyvchenni dystsypliny «Osnovy antropolohii, biolohii ta henetyky liudyny»: formuvannia profesiinykh kompetentnostei maibutnix uchyteliv biolohii ta osnov zdorovia [The method of projects in the study of the discipline «Fundamentals of anthropology, biology and human genetics»: formation of professional competences of future teachers of biology and fundamentals of health]. *Vytoky pedahohichnoi maisternosti*, 29, 240–248 [in Ukrainian].
6. Horbulinska, S., & Bodnar, L. (2015). Problemne navchannia yak zasib formuvannia znan z henetyky ta biotekhnolohii u profilnii zahalnoosvitnii shkoli [Problem-based learning as a means of forming knowledge of genetics and biotechnology in a specialized secondary school]. *Problemy pidhotovky suchasnoho vchytelia*, 11(1), 165–171 [in Ukrainian].

7. Onipko, V.V. (2011). *Profesiina pidhotovka vchytelia pryrodnychyykh dystsyplin do roboty u profilnii shkoli: monohrafiia* [Professional training of a science teacher to work in a specialized school: monograph]. Poltava: PNPU im. V. H. Korolenka, 375 p. [in Ukrainian].

8. Dovhopola, L.I. (2020). Navchalna praktyka z henetyky yak komponent praktyko-oriientovanoho pidkhodu v systemi pidhotovky maibutnykh uchyteliv pryrodnychyykh dystsyplin [Educational practice in genetics as a component of a practice-oriented approach in the system of training future teachers of natural sciences]. *Aktualni pytannia humanitarnyykh nauk*, 1(28), 246–251 [in Ukrainian].

9. Dovhopola, L.I. (2021). *Osnovy molekuliarnoi biolohii i henetyky* [Fundamentals of molecular biology and genetics]: navchalnyi posibnyk dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity za spetsialnistiu 014.05 Serednia osvita (Biolohiia ta zdorovia liudyny), haluzi znan 01 Osvita/Pedahohika. Pereiaslav: FOP Dombrovska Ya. M., 177. [in Ukrainian].

10. Shapran, Yu.P., & Dovhopola, L.I. (2022). *Statystychni metody analizu empyrychnyykh danykh u biolohii* [Statistical methods of empirical data analysis in biology]: navch.-metod. posib. Pereiaslav (Kyiv. obl.): Dombrovska Ya. M., 92 p. [in Ukrainian].