



ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ ЧИТАННЯ – TERNOPIL BIOSCIENCE – 2025

Тернопіль

2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний
університет імені Володимира Гнатюка
хіміко-біологічний факультет
Люблінська Вища Школа в Риках
Lubelska Szkoła Wyższa w Rykach, Poland
Ottawa Research and Development Centre (Agriculture
and Agri-Food Department), Canada
Institute of Molecular Biology and Biotechnologies of
Azerbaijan National Academy of Sciences
Тернопільське відділення
Українського товариства генетиків і селекціонерів ім.
М. І. Вавилова
Тернопільське відділення
Українського гідроекологічного товариства
Тернопільське відділення
Українського біохімічного товариства
Тернопільське відділення
Українського ботанічного товариства
Тернопільське відділення
Українського товариства фізіологів рослин
Тернопільське відділення Товариства мікробіологів
України ім. С. М. Виноградського

Редакційна колегія

О. І. Боднар (відповідальний редактор), Н. М. Дробик,
В. В. Грубінко, С. В. Пида, В. З. Курант, О. Б. Столяр, Л. Р. Грицак,
А. В. Степанюк, А. І. Герц, В. С. Барановський, В. О. Хоменчук,
О. Б. Мацюк (секретар).

Затверджено до друку

*вченою радою Тернопільського національного педагогічного
університету ім. Володимира Гнатюка
від 24. 06. 2025 р. (протокол № 14)*

Макет і комп'ютерна верстка: В. О. Хоменчук

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції
«Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025»,
присвяченої 85-річчю хіміко-біологічного факультету ТНПУ.

У матеріалах висвітлені результати наукових досліджень з
проблем експериментальної ботаніки, фізіології рослин і
мікробіології, біології та екології тварин, анатомії та фізіології
людини, молекулярно-генетичних і фізіолого-біохімічних змін в
організмах за дії довкілля, гідробіології, екології та біотехнології,
охорони природи, хімії навколишнього середовища, методики
навчання природничих дисциплін, історії сучасної біології.

© Тернопільський національний
педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка, 2025
© Автори тез доповідей, 2025
© Вектор, 2025

Тези надруковані з максимальним збереженням авторської редакції.
Українські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським
текстом.

ЗМІСТ

ХІМІКО-БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ТНПУ: СПАДЩИНА, ГОРДІСТЬ, НОВІ ГОРИЗОНТИ	13
Боднар О. І.	

РОЗДІЛ 1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА БОТАНІКА, ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН І МІКРОБІОЛОГІЯ	18
---	-----------

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА РОЗВИТОК МІКРОГРІНУ В УМОВАХ ГІДРОПОННОГО ВИРОЩУВАННЯ	18
---	----

Білак А. В., Вакерич М. М., Гасинець Я. С.

ВПЛИВ ЕКЗОМЕТАБОЛІТІВ ҐРУНТОВИХ МІКРОМІЦЕТІВ І ПРОРОСТКІВ <i>SNAPIS ALBA</i> L. НА ЇХ РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ, АНТАГОНІЗМ ТА ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ГРИБІВ	20
---	----

Віннікова О. І.

РІДКІСНІ МОХОПОДІБНІ УЖАНСЬКОГО НПП	23
---	----

Вірченко В. М.

ВПЛИВ БІОЧАРУ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДБИТТЯ ҐРУНТУ	25
--	----

Герц А. І., Конончук О. Б., Підліснюк В. В., Герц Н. В., Хоменчук В. О.,
Марків В. С.

OPENFLEXURE MICROSCOPE ЯК ЗАСІБ СВІТЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ ДЛЯ МОРФОЛОГО-АНАТОМІЧНОГО АНАЛІЗУ РОСЛИН.....	29
---	----

Герц Н., Цимбалюк О., Герц А.

СВІТЛОВА МІКРОСКОПІЯ ЯК ЗАСІБ ПІЗНАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	32
---	----

Герц Н., Мацюк О., Зінків І.

ВПЛИВ ДОБРІВ НА ВМІСТ ЗАГАЛЬНОГО АЗОТУ В РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ.....	34
--	----

Жиляк І. Д., Дем'янів В. І., Макух А. І.

СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК РОСЛИННИЦТВА У РІЛЬНИЧІЙ ШКОЛІ ДУБЛЯН.....	37
---	----

Клименко М. Б.

РОЛЬ РИЗОСФЕРНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У ФОРМУВАННІ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ	40
--	----

Комінарець О. Є. Обезюк І. М.

ВПЛИВ ЗОЛОТИСТОГО СТАФІЛОКОКУ НА КЛІНІЧНУ КАРТИНУ ГОСТРОГО ТОНЗИЛІТУ	44
---	----

Кравець Н. Я.

АГРОТЕХНІЧНІ ПРИЙОМИ ВИРОЩУВАННЯ КАВУНА ЗВИЧАЙНОГО (<i>CITRULLUS LANATUS</i> (THUNB.) MATSUM. ET NAKAI) В УМОВАХ ЗАХІДНИХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ.....	47
---	----

Кравець М. Я., Грицак Л. Р.

ЗОЛОТОТИСЯЧНИК ЗВИЧАЙНИЙ (<i>CENTAURIUM ERYTHRAEA</i> RAFN.) – ЦІННИЙ ЛІКАРСЬКИЙ ВИД: ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ.....	51
Кравченко Є. Я., Ядчишин О. О., Колісник Х. М., Дробик Н. М.	
МАГОНІЯ ПАДУБОЛИСТА - ПЕРСПЕКТИВНА ЛІКАРСЬКА РОСЛИНА	54
Марчишин С. М., Ластовиченко Є. А., Джуренко Н. І., Слободянюк Л. В., Будняк Л. І.	
ТРАВ'ЯНИСТІ МЕДОНОСИ ТА ПІЛКОНОСИ ТЕРИТОРІЇ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ	56
Мацюк О. Б., Герц Н. В., Базиліук М. Л., Амброзюк О. Б.	
МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАСІННЯ ІНТРОДУКОВАНИХ КВІТНИКОВО-ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН ВИДІВ РОДУ <i>VERBENA</i> L.	58
Машковська С. П., Горай Г. О.	
ВПЛИВ РЕКУЛЬТИВАНТУ КОМПОЗИЦІЙНОГО TREVITAN® НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПЛОДІВ ПЕРЦЮ ОДНОРІЧНОГО (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.).....	60
Москалюк Н. В., Кравець М. Я., Прокопів І. Б., Явна В. В., Мальована Л. П.	
ГІДРОЛІЗАТИ З ЛИЧИНОК ЯК ПОТЕНЦІЙНІ СТИМУЛЯТОРИ РОСТУ КУКУРУДЗИ.....	64
Нужина Н. В., Ніколаюк А. О., Ракша Н. Г.	
ПАРАМЕТРИ ВОДООБМІНУ ЛИСТКІВ <i>FABA BONA</i> MEDIC. ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ.....	67
Пида С. В., Опацький І. І., Мацюк О. Б.	
МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ГАРБУЗА ЗВИЧАЙНОГО (<i>CUCURBITA PEPO</i>) ЗА ДІЇ ФУЛЕРЕНУ C ₆₀ ТА УМОВ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ	70
Погрібна А. С., Прилуцька С. В.	
ОЦІНКА СТАНУ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН РОДИНИ <i>FAGACEAE</i> В УМОВАХ КИЇВСЬКОГО МЕГАПОЛІСУ	73
Савіцька Л. В., Нестерова Н. Г.	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>ARMILLARIA MELLEAE</i> (VANL) P. KUMM. ДЛЯ СТИМУЛЯЦІЇ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР.....	76
Сушицька К. С., Бойко О. А.	
УРОЖАЙНІСТЬ СОНЯШНИКА ОДНОРІЧНОГО В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ	78
Шлянта Т. Б., Гуменюк Г. Б., Чень І. Б., Волошин О. С., Мацюк О. Б.	

АНАЛІЗ ВИДОВОГО СКЛАДУ РОДИНИ <i>FABACEAE</i> Lindl. У ФЛОРИ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ	81
Яворівський Р. Л., Степанюк А. В., Зузяк Н. В. OSMOSIS OF <i>NICOTIANA TABACUM</i> L. CELL LINES UNDER SOAKING CONDITIONS	85
Zaitseva I.O., Bronnikova L.I.	
РОЗДІЛ 2. АНАТОМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ	89
ОЦІНКА МЕХАНІЗМІВ ФОРМУВАННЯ ФІБРОЗНИХ РУБЦІВ	89
Волошин О. С., Герц А. І., Волошин В. Д. АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ СОМАТИЧНОГО ЗДОРОВ'Я ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ	92
Волошин О. С., Колодій Я. В., Гуменюк Г. Б. МІОФІБРИЛЯРНА ТА САРКОПЛАЗМАТИЧНА ГІПЕРТРОФІЯ М'ЯЗІВ, ПРИЧИНИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ.....	96
Жиденко А. О., Паперник В. В., Апецько А. М. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО СТРЕСОВОГО РОЗЛАДУ НА ПОВЕДІНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКУ АКТИВНІСТЬ ЩУРІВ	99
Михейцева І. М., Коломійчук С. Г., Коломійчук Т. В., Сіроштаненко Т. І., Кузнецов М. К., Сторожук Н. В., Рижак У. В., Панік В. С. ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ СКЛАДНОЇ ЗОРОВО-МОТОРНОЇ РЕАКЦІЇ ВИБОРУ ОСІБ З РІЗНИМ РІВНЕМ ТРЕНОВАНОСТІ	103
Федьків М. Р., Вовканич Л. С., Кіндзер Б. М.	
РОЗДІЛ 3. БІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН	106
СУЧАСНИЙ ОХОРОННИЙ СТАТУС РОДИНИ <i>PAPILIONIDAE</i>	106
Гап'як М. А., Голіней Г. М., Прокоп'як М. З. ОСНОВНІ ШКІДНИКИ МАЛИНИ	108
Голіней Г. М., Дидин І. В., Прокоп'як М. З. РОЗВИТОК ПЛЕМІННОЇ СПРАВИ У СВИНАРСТВІ УРСР (1950– 1980-ті рр.) В КОНТЕКСТІ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОФЕСОРА Ф.К. ПОЧЕРНЯЄВА	112
Олійник Т. Б. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОГО ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ТРОФІЧНУ АКТИВНІСТЬ КЛІЩІВ ТА ЇХ ЕПІДЕМІОЛОГІЧНИЙ СТАН	115
Подобівський С. С. КАРАНТИННИЙ ШКІДНИК <i>FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS</i> PERGANDE	117
Прокоп'як М. З., Голіней Г. М.	

ДО ВИВЧЕННЯ ЖУКІВ-ТУРУНІВ (COLEOPTERA, <i>CARABIDAE</i>) ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ	120
Різун В. Б. ВИДОВЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПТАХІВ РУСЛОВОЇ ЗОНИ р. СЕРЕТ ГІДРОПАРКУ «СОПІЛЬЧЕ» (м.ТЕРНОПІЛЬ).....	122
Черевко С. Е., Шевчик Л. О.	

РОЗДІЛ 4. БІОХІМІЯ ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ127

ПРОЦЕСИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У РИБ ЗА ДІЇ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ (II).....	127
Вовчек Н. О., Хоменчук В. О., Мяхкота О. П., Курант В. З. ВПЛИВ МІКОТОКСИНУ В1 НА ВМІСТ ЗАГАЛЬНИХ ЛІПІДІВ У ТКАНИНАХ <i>CARASSIUS CARASSIUS</i>	131
Гончаров Д. М., Ячна М. Г., Третяк О. П. НАКОПИЧЕННЯ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЦИНКУ НА МЕТАБОЛІЗМ <i>CHLORELLA VULGARIS</i> Beij.....	133
Колесницький Р. В., Горин О. І., Боднар О. І. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ФОСФОЛІПІДІВ У ТКАНИНАХ КАРАСЯ І ЩУКИ ЗА ДІЇ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ	137
Марків В. С., Хоменчук В. О., Мяхкота О. П., Курант В. З. ВПЛИВ ДІЇ МІКОТОКСИНІВ В1 ТА Т2 НА АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗУ В ТКАНИНАХ КАРАСЯ.....	141
Матюшко С. М., Міткевич А. О., Мехед О. Б. ВПЛИВ ДІЕТИЛФТАЛАТУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН НИРОК ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТВАРИН.....	144
Проданчук Л. Г., Кеца О. В. THE COMPOSITION OF PROTEINS IN BLOOD SERUM OF RATS BY POISONED OF XENOBIOTICS	147
Kalinin I. V., Hrubinko V. V., Tomchuk V. A. THE INFLUENCE OF FRUIT EXTRACTS OF DIFFERENT CULTIVARS OF THE CORNELIAN CHERRY ON ACTIVITY OF ANTIOXIDANT DEFENCE SYSTEM OF ERYTHROCYTES IN RATS WITH DIABETES MELLITUS	150
Moroz Anna, Brodyak Iryna, Kucharska Alicja, Sybirna Natalia MUTUAL INFLUENCE OF RARE EARTH ELEMENTS AND Ca-CHANNEL BLOCKER ON THE BIVALVE MOLLUSCS	152
Yunko K., Khoma V., Martyniuk V., Gnatyshyna L., Havryshkiv V., Karitonas R., Gylytė B., Baranovskiy V., Gladiuk M., Tulaidan H., Symchak R., Mudra A., Manusadžianas L., Stoliar O.	

РОЗДІЛ 5. ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ156

АНАЛІЗ ВРОДЖЕНИХ ПАТОЛОГІЙ У НОВОНАРОДЖЕНИХ
м. ТЕРНОПОЛЯ ТА ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....156

Ільчишин М., Крижановська М.

АДАПТИВНІ МОДИФІКАЦІЇ РОСЛИН ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L.
ЗА РІЗНИХ УМОВ РОСТУ *IN VITRO* ТА *IN SITU*.....159

Колісник Х. М., Грицак Л. Р., Бойко Д. А., Дробик Н. М.

RHODIOLA ROSEA L. ТА *RHODIOLA SEMENOVII* (REGEL & HERDER)
BORISS)): ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТИВУВАННЯ *IN VITRO*163

Мишук О. О., Колісник Х.М., Дробик Н.М.

ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ І РІСТ РОСЛИН ВИДІВ РОДУ
CARLINA L. ЗА РІЗНИХ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ *IN VITRO*.....165

Сорока О. В., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М.

ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*
LIGULARIA BUKOVINENSIS NAKAI.....169

Сташків І. П., Прокоп'як М. З., Дробик Н. М.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВОДНОГО РЕЖИМУ РОСЛИН *IN VITRO*
GENTIANA ASCAULIS L. ВІД УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ171

Федорчак Д. А., Щур І. В., Бойко Д. А., Грицак Л. Р.

РОЗДІЛ 6. ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ.....175

ФОСФОРОВМІСНІ СПОЛУКИ В БІОГЕОХІМІЧНОМУ
КРУГООБІГУ: БАЛАНС І ВИКЛИКИ175

Вересюк Ю. М., Горин О. І., Боднар О. І.

РОЛЬ РІЗНИХ ПРОЯВІВ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА
ПРОСТОРОВО-ЧАСОВУ ДИНАМІКУ МАКРОЗООБЕНТОСУ
МЕТАУГРУПОВАНЬ РІЗНОТИПНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....178

Воліков Ю. М., Старосила Є. В., Рибка Т. С.

ВПЛИВ ВІЙНИ НА СТАН ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ:
ОБГРУНТУВАННЯ ПРІОРИТЕТНИХ МЕТАЛІВ
ДЛЯ МОНІТОРИНГУ181

Гладчук М. М., Горин О. І., Прокоп'як М. З., Боднар О. І.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЯСНОСТІ
ЛІТНЬОГО МІКРОФІТОБЕНТОСУ оз. ВЕРБНЕ (УКРАЇНА)184

Григор'єва Г. Є., Давидов О. А.

ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ГІДРОБІОНТІВ ЗАБРУДНЕННЯ
ВОДОЙМ ГІПОЛІПІДЕМІЧНИМИ ФАРМАЦЕВТИКАМИ.....186

Гриньків С. М., Горин О. І., Боднар О. І.

ПРОСТОРОВА ДИНАМІКА МІКРОФІТОБЕНТОСУ ВЕРХНЬОЇ
ЧАСТИНИ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА
(р. ДНІПРО, УКРАЇНА)190

Давидов О. А.

ТРАНСФОРМАЦІЯ СТРУКТУРИ МІКРОФІТОБЕНТОСУ ЗА ПІДВИЩЕНОГО РІВНЯ ВОДИ У ВЕРХНІЙ ЧАСТИНІ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА (р. ДНІПРО, УКРАЇНА)	193
Давидов О. А., Григор'єва Г. Є.	
МІСЦЕ <i>HYDRA</i> SP. У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ	195
Дацюк А. Г., Гандзюра В. П.	
ЖИВЛЕННЯ МИНЯ СЕРЕДЗЕМНОМОРСЬКОГО <i>GAIDROPSARUS MEDITERRANEUS</i> В АКВАТОРІЇ ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ ВОСЕНИ 2020 РОКУ	198
Караванський Ю. В., Заморов В. В.	
ОСОБЛИВОСТІ ТРИВАЛОСТІ ФАЗ СТРЕСУ У ЗЕЛЕНИХ МІКРОВОДОРОСТЕЙ (<i>CHLOROPHYTA</i>) ЗА ДІЇ НИЗЬКОЇ ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЕДОВИЩА	201
Красюк Ю. М., Крот Ю. Г., Леонт'єва Т. О.	
ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТОВИХ ПРОЦЕСІВ ВОДОРОСТЕЙ РІЗНИХ ТАКСОНОМІЧНИХ ГРУП НА ДІЮ МЕТАЛІВ	204
Ракочий А. І., Горин О. І., Боднар О. І.	
КАДМІЙ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РИБ	207
Петрушка Б. М., Хоменчук В. О., Курант В. З.	
ДИНАМІКА СТРУКТУРИ ДОМІНУВАННЯ КРУГОВІЙЧАСТИХ ІНФУЗОРІЙ (<i>CILIOPHORA</i> , <i>PERITRICHIA</i>) ШТУЧНОЇ ВОДОЙМИ МІСТА ЖИТОМИРА	210
Поліщук Д. А., Константиненко Л. А., Константиненко У. О., Корево Н. І.	
РОЛЬ РІЗНИХ ПРОЯВІВ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВУ ДИНАМІКУ УГРУПОВАНЬ ЗООПЛАНКТОНУ У РІЗНОТИПНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ	212
Рибка Т. С., Старосила Є. В., Воліков Ю. М.	
БАКТЕРІАЛЬНІ УГРУПОВАННЯ ТА ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КИЇВСЬКОЇ ДІЛЯНКИ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА	216
Старосила Є. В., Лінчук М. І., Воліков Ю. М., Рибка Т. С.	
КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВМІСТУ НУКЛЕІНОВИХ КИСЛОТ В ТКАНИНАХ КАРАСЯ ЗА ДІЇ МІКОТОКСИНІВ	219
Філоненко Д. А., Полотнянко Л. В.	
ВМІСТ МЕТАЛІВ У ВОДІ ТА ЇХ АКУМУЛЯЦІЯ У ФІТОПЛАНКТОНІ (<i>CHLORELLA VULGARIS BEIJER</i>) ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО СТАВУ	222
Чвалюк Г. В., Корнієнко А. Ю., Грабовський В.-Д. М., Грубінко В. В., Калінін І. В.	

РОЗДІЛ 7. ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ПРИРОДНИХ ТА БІОАКТИВНИХ СПОЛУК.....	228
БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ ВИДІВ РОДУ <i>ARNICA</i> L.	228
Тарас Ю. М., Ядчишин О. О., Колісник Х. М., Дробик Н. М. THE TECHNICAL APPROACHES OF HUMIC SUBSTANCES INVESTIGATION IN SURFACE NATURAL WATERS	231
Ivanechko Ya. S., Khomenchuk A. V., Khomenchuk V. O. DEDIAZONIZATION OF ARYLDIAZONIUM TOSYLATES IN THE PRESENCE OF TRIFLUOROMETHYLSULFIDE ANIONS	234
Pidgurska D. V., Symchak R. V., Tulaidan H. M., Baranovskyi V. S. SYNTHESIS AND GROWTH-REGULATORY ACTIVITY OF 2- ARYLBUTENE-1,4-DIOIC ACIDS	237
Tulaidan H. M., Symchak R. V., Zahrychuk H. Ya. Baranovskyi V. S.	
РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРИРОДИ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	241
АНАЛІЗ pH ТА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ЦЕНТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЬ М. УЖГОРОДА	241
Боднарюк Р. М., Вакерич М. М., Гасинець Я. С., Швартау В. В. ВПЛИВ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ НА ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РЕМЕДІАЦІЇ.....	244
Вакерич М. М., Швартау В. В., Гасинець Я. С., Голомб Л. А. ¹ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ	247
Гуменюк Г. Б., Сокіл Б. Б., Дух Р. М., Яворівський Р. Л., Гавришок Б. Б., Вальорна Н. І. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІД ЧАС ВІЙНИ: ВИКЛИКИ ТА РІШЕННЯ	250
Мостецька О. І., Москалюк Н. В. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГРЕСІЙНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ПОТОЧНИМИ ВИТРАТАМИ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОТРЕБИ ТА ІНВЕСТИЦІЙНОЮ АКТИВНІСТЮ У СФЕРІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ В ПЕРІОД 2010–2023 рр.....	254
Підкова І., Гарматій Н. ДОСЛІДЖЕННЯ НА ОСНОВІ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ПОТОЧНИХ ВИТРАТ НА ОХОРОНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВИКИДИ ЗАБРУДНЕННЯ РЕЧОВИН І ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ (ЗА ПЕРІОД З 2015 ПО 2020 рр.).....	257
Рогатинська Ю., Гарматій Н. МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОТОЧНИХ ВИТРАТ НА НАУКОВО-	

ДОСЛІДНІ РОБОТИ ПРИРОДООХОРОННОГО СПРЯМУВАННЯ НА ПОТОЧНІ ВИТРАТИ НА ОХОРОНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	260
Самець К. І., Гарматій Н. М.	

**РОЗДІЛ 9. ІСТОРІЯ НАУКИ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ
ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН.....263**

ОСВІТА ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ.....	262
Боголюбов В. М.	
ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ГЕЙМІФІКАЦІЇ НА ЯКІСТЬ НАВЧАННЯ АГРОНОМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В АГРАРНИХ ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ	266
Вантюх О. М., Попович Г. Б., Голямінських Д. В.	
ПРИРОДНИЧА ОСВІТА У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ ПЕДАГОГІЧНОМУ КОЛЕДЖІ ІМ. ТАРАСА ШЕВЧЕНКА	268
Галаган О. К., Свіржевська К. В.	
ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ ТА ХІМІЇ В СТАРШІЙ ШКОЛІ	272
Гончарик Г. Я., Гладюк М. М.	
ДІЯЛЬНІСТЬ ВИКЛАДАЧІВ ХІМІКО-БІОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ ТНПУ З ПІДГОТОВКИ ОБДАРОВАНИХ ЗДОБУВАЧІВ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ДО БІОЛОГІЧНИХ ОЛІМПІАД.....	274
Жирська Г. Я., Турчин О. В.	
НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ПРОЄКТ «ІНТЕЛЕКТ УКРАЇНИ»: ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ В 7 КЛАСІ.....	278
Затулівітер Л. О., Дефорж Г. В.	
НЕТРАДИЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СКЛАДАННЯ РІВНЯНЬ ОКИСНО- ВІДНОВНИХ РЕАКЦІЙ В КУРСІ ХІМІЇ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ.....	281
Карачевська О., Гладюк М. М.	
ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРНО-КРЕАТИВНОЇ ОСОБИСТОСТІ ВИПУСКНИКА ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ ЯК ЗАДАЧА СВІТОГЛЯДНОЇ КОМПОНЕНТИ ПРИРОДНИЧОЇ ОСВІТИ.....	284
Колесник М. О., Федорченко А. Ю.	
ЕКСКУРСІЯ ЯК МЕТОД ПРОФЕСІЙНОГО НАВЧАННЯ ФАХІВЦІВ БІОЛОГІВ	287
Парубок М. І.	
ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ ФІЗИЧНОГО ТА ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я ПІДЛІТКІВ	291

85-річчя хіміко-біологічного факультету ТНПУ

Пашенко Д. С., Барна Л. С. МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ТИП ЧЛЕНИСТОНОГІ» ПРИ ВИКЛАДАННІ БІОЛОГІЇ У 7 КЛАСІ	294
Піцик К. О., Дефорж Г. В. СТАВЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДО ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ	296
Полянська Х. Ф., Барна Л. С. ВИКОРИСТАННЯ КОМПЕТЕНТІСНО ОРІЄНТОВАНИХ ЗАВДАНЬ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ЗООЛОГІЇ	300
Пожарнюк Х. Б., Шевчик Б. В. ІНФОГРАФІКА У БІОЛОГІЧНІЙ ОСВІТІ	305
Рушак Ю. Р., Вакерич М. М., Гасинець Я. С. ВИЗНАЧЕННЯ І ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «SOFT-SKILLS» МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ.....	308
Федонюк Л. Я., Фурка О. Б., Глинка Н. Б. РОЗВИТОК ТВОРЧОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ НА ОСНОВІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З БІОЛОГІЇ	311
Федорович Г. С., Пацюк М. К. ВНЕСОК ХЕРСОНСЬКОГО ДОСЛІДНОГО ПОЛЯ У ІСТОРІЮ УКРАЇНСЬКОЇ НАУКИ ТА МЕТОДИКУ НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН.....	314
Фесенко П. О. ОСВІТНЬО - НАУКОВИЙ ПРОЄКТ КНУТД «СТЕЖКАМИ ВІДАТНИХ ЗЕМЛЯКІВ-НАУКОВЦІВ» ДО 125-ЛІТТЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ФЕОДОСІЯ ДОБРЖАНСЬКОГО ГРИГОРОВИЧА ..	318
Щербатюк Т. Г., Букорос Т. О. ГЕРБАРІЙ ТНПУ: ВІД ЗАСНУВАННЯ ДО СЬОГОДЕННЯ (ДО 85-РІЧЧЯ УНІВЕРСИТЕТУ І ХІМІКО-БІОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ)	321
Яворівський Р. Л., Москалюк Н. В., Теодозів В. М.	

УДК 378((091)(477)):(57+54)

**ХІМІКО-БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ТНПУ:
СПАДЩИНА, ГОРДІСТЬ, НОВІ ГОРИЗОНТИ**

Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: bodnar@chem-bio.com.ua

Історичне коріння факультету: від колегії до університету. Хіміко-біологічний факультет Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка є одним із найдавніших і найавторитетніших освітніх осередків природничого профілю в Україні. Його історія сягає XVII століття, коли у місті Кременець було створено братську школу (1620 рік), де готували вчителів для народних шкіл. Впродовж століть заклад трансформувався: братська школа стала Кременецько-Богоявленською колегією (1673 рік), а пізніше – Єзуїтським колегіумом. Важливо, що саме в цьому середовищі формувалися освітні традиції, засновані на високих гуманістичних ідеалах та ідеях. У 1805 році на базі цих традицій було відкрито Волинську гімназію вищих наук, яка згодом перетворилася на Кременецько-Волинський ліцей (1818 рік). Важливим поштовхом до активного розвитку, європейського визнання та наукової діяльності у той час стало створення ботанічного саду (1806 рік) під керівництвом ірландського ландшафтного архітектора Діонісія Мак-Клера. Особливої слави сад набув завдяки Віллібальду Бессеру – доктору медицини, ботанікові та ентомологу, який, починаючи з 1809 року, підняв наукову роботу закладу до рівня провідних європейських ботанічних інституцій. За його керівництвом сад зібрав понад 12 тисяч видів рослин і став платформом для активної міжнародної співпраці.

У 1833 р. Кременецько-Волинський ліцей після розгрому революційного польського руху закрито. В його будинках було розташовано Волинську духовну семінарію, на базі якої у 1902 р. створено Волинське єпархіальне жіноче училище, яке вело підготовку жінок-вчителів для початкових шкіл. Наказом

головнокомандувача польською армією Ю. Підсудського від 27 травня 1920 року юридично відновлено Кременецький ліцей. При ліцеї створено учительську семінарію (6 курсів, 86 хлопців і 120 дівчат) та гімназію ім. Тадеуша Чацького, які були реорганізовані у 1937 р. педагогічний ліцей, де функціонувало 20 навчальних кабінетів, бібліотека, інтернат та мережа господарських об'єктів.

Офіційним початком сучасної історії факультету вважається 4 березня 1940 рік, саме тоді постановою Ради Народних Комісарів УРСР було створено Кременецький державний учительський інститут з природничо-географічним факультетом, в якому вперше заняття розпочалися українською мовою. Перший навчальний рік (1940–1941) був надзвичайно складним, оскільки довелося практично з нуля відновлювати матеріальну базу. Попри всі труднощі, вже 1 вересня 1940 року пролунав перший дзвоник і студенти розпочали навчання. Першим деканом факультету став Іван Васильович Цись. Однак його робота тривала недовго – у червні 1941 року розпочалася війна. Викладачі та студенти стали до лав захисників Вітчизни. Факультет знову відновив свою діяльність у 1944 році, вже у післявоєнних умовах. Наступні роки були періодом наукового, освітнього і адміністративного становлення та розвитку, який очолювали такі фахівці як Олексій Михайлюк, Павло Серветник, Данило Чижов.

21 липня 1969 року постановою Ради Міністрів УРСР інститут перенесли до обласного центру – Тернополя. Відтоді він став називатися Тернопільський державний педагогічний інститут. У 1997 році заклад отримав статус університету, а факультет – нову назву: хіміко-біологічний.

Упродовж десятиліть факультет очолювали яскраві науковці й потужні адміністратори: Йосип Свинко, Сергій Грушко, Микола Барна, Володимир Курант, Надія Дробик. Кожен із них зробив свій унікальний внесок у формування сучасного обличчя факультету – від зміцнення матеріально-технічної бази до розвитку міжнародної співпраці. З 2023 року факультет очолює Оксана Боднар, яка організовує роботу факультету відповідно до сучасних викликів і тенденцій вищої освіти.

Структура та освітній процес. Сьогодні хіміко-біологічний факультет складається з трьох кафедр:

- кафедра ботаніки та зоології (очолює з 2014 року проф. Піда Світлана);
- кафедра загальної біології та методики навчання природничих дисциплін (очолює з 1997 року проф. Грубінко Василь);
- кафедра хімії та методики її навчання (очолює з 2018 року доц. Барановський Віталій).

Освітній процес на факультеті організовано на високому рівні: 26 лабораторій із сучасним обладнанням, ефективна онлайн- та офлайн-освіта, електронна система Moodle з понад 240 електронними курсами, різноманітні інтерактивні, польові та педагогічні практики. Водночас, здобувачі хім-біо мають змогу професійно і пізнавально проходити навчальні біологічні практики на базі унікальних об'єктів – зоологічного музею, теплиці, лабораторії біології та екології «Голицький біостаніонар ТНПУ», агробіологічної лабораторії. Біблійний ботанічний сад, закладений у 2018 році, також часто використовується в навчальній та науковій діяльності.

Наука – основа поступу та розвитку. Факультет упродовж своєї історії активно розвивав і розвиває наукову діяльність, яка охоплюють широкий спектр природничих наук: ботаніка, фізіологія рослин, мікробіологія, генетика, зоологія, екологія, біотехнологія, біохімія, хімія органічних сполук, фізична і колоїдна хімія, гідробіологія, екотоксикологія, а також теорія і методика природничої освіти. На його теренах функціонує 9 науково-дослідних лабораторій та 1 методично-науковий центр, серед яких:

- лабораторія порівняльної біохімії та молекулярної біології;
- лабораторія хімії навколишнього середовища;
- лабораторія хімії ненасичених сполук;
- лабораторія екологічної біохімії;
- лабораторія екотоксикології та біомоніторингу;
- лабораторія фізіології рослин і мікробіології;
- лабораторія екології та біотехнології;
- лабораторія прикладної ботаніки та фітотехнологій;
- лабораторія екологічного моніторингу та комп'ютерного

моделювання довкілля;

- центр природничої освіти та науки.

Наукові досягнення факультету за сучасний період часу – це майже 100 кандидатів наук, 15 докторів наук, понад 30 держбюджетних тем, 120 госпдоговірних тем, 15 міжнародних і білатеральних проєктів, 38 патентів, понад 280 монографій, 8 підручників, 50 наукових конференцій. Два наукові збірники – «Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія» та «Наукові записки ТНПУ. Серія: Хімія» – стали платформою для апробації результатів досліджень як досвідчених науковців, так і молодих вчених. Перший з них включено до категорії «Б» наукових видань України. Також варто зазначити, що за участі науково-педагогічних працівників факультету та їх колег з інших установ, в тому числі закордонних, щорічно проводяться всеукраїнські та міжнародні науково-практичні конференції, зокрема: «Шлях у науку: перші кроки», «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience», «Підготовка вчителів фізики, хімії, біології в контексті Нової української школи».

Виховання, традиції та громадянська відповідальність. Факультет не лише навчає і досліджує, а й активно виховує нове покоління педагогів і науковців, прищеплюючи їм відповідальність, патріотизм і гуманізм. Свідченням цього є участь студентів і викладачів у волонтерських ініціативах та підтримці ЗСУ, особливо в умовах російсько-української війни. Багато випускників стали військовими, захисниками України. На жаль, є й ті, хто віддав життя за свободу Батьківщини. Їхні імена – у пам'яті факультету.

Не можна оминати увагою й традиційні виховні заходи на факультеті, які згуртовують студентів та об'єднують колектив і здобувачів у єдину науково-педагогічну родину. День факультету, Посвята у першокурсники, Різдвяне колядування, вручення дипломів, тематичні тижні кафедр, День факультету та багато інших – події, що стали символами духовної єдності поколінь, підтримки традицій і гордості за належність до великої факультетської спільноти.

Спадщина і майбутнє. Хіміко-біологічний факультет ТНПУ – це не просто структурний підрозділ університету – це жива спільнота однодумців, науковців, педагогів і студентів, які

85-річчя хіміко-біологічного факультету ТНПУ

зберігають традиції, примножують здобутки та впевнено рухаються вперед.

Це місце, де формуються не лише знання, а й світогляд. Де студента навчають бачити у природі – науку, у науці – сенс, у сенсі – життя. Це простір, у якому виростають майбутні вчителі, дослідники, громадяни, яким під силу відродити Україну та змінити світ!

РОЗДІЛ 1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА БОТАНІКА, ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН І МІКРОБІОЛОГІЯ

УДК 631.53

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА РОЗВИТОК МІКРОГРІНУ В УМОВАХ ГІДРОПОННОГО ВИРОЩУВАННЯ

¹Білак А. В., ^{1,2}Вакерич М. М., ¹Гасинець Я. С.

¹ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,

²Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр МВС України

E-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

Сучасне сільське господарство активно впроваджує вирощування мікрогрину та зелених культур, оскільки вони швидко ростуть, мають високу поживну цінність та задовольняють запит на здорову, органічну їжу. Гідропонні системи забезпечують ефективне використання води та площ, що особливо актуально в умовах змін клімату та зростання урбанізації [1, 2].

Регулятори росту, серед яких ауксини, цитокініни, гібереліни та натуральні біостимулятори, відіграють ключову роль у регулюванні фізіологічних процесів рослин [3, 4]. Водночас, їхній вплив на якісні показники мікрогрину при гідропонному вирощуванні ще недостатньо досліджений. Це обґрунтовує необхідність подальших досліджень для створення практичних рекомендацій з метою підвищення врожайності, покращення якості продукції та скорочення періоду вирощування [4].

Це дослідження мало на меті оцінити вплив регуляторів росту на розвиток мікрогрину та зелених культур у гідропонних умовах. Основні завдання включали аналіз дії різних типів фітогормонів (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів) на біометричні показники рослин, оцінку змін у вмісті хлорофілу, вітамінів та антиоксидантів, а також визначення оптимальних доз і поєднань для досягнення найкращого результату.

У якості моделей для дослідження були обрані мікрогрін крес-салату, шпинату та редису. Експерименти проводилися з використанням гідропонної установки крапельного типу. Субстратом слугувало кокосове волокно, що забезпечувало стабільну фіксацію насіння. Склад живильного розчину включав макроелементи: N (120 ppm), P (40 ppm), K (100 ppm), а також мікроелементи: Mg, Fe, Mn, Zn, B.

Дослідження проводилося із застосуванням таких регуляторів росту: індол-3-оцтова кислота (ауксин), кінетин (цитокінін), гіберелін GA3 та природні біостимулятори на основі *Ascomycota nodosum*. Контрольна група не оброблялася жодними регуляторами.

Насіння було поділено на п'ять груп: одна контрольна та чотири з різними комбінаціями і дозами фітогормонів. Усі рослини вирощувалися в однакових умовах: освітлення (LED-лампи, 16 год/день), температура (22–25°C), вологість (60–70%). Спостереження проводилися на 7, 10 та 14 день після висіву.

Оцінювалися такі параметри: висота рослин, кількість листків, маса зеленої частини, а також вміст хлорофілу (визначався спектрофотометрично через ацетонові витяжки).

Результати показали суттєвий вплив регуляторів росту на ріст і розвиток мікрогрину. Найвагоміше збільшення висоти (на 35%) зафіксовано у варіанті з цитокініном. Ауксини сприяли формуванню потужної кореневої системи, що призвело до зростання загальної маси рослин. Біостимулятори сприяли рівномірному розвитку з приростом біомаси до 20%. Вміст хлорофілу виявився на 25% вищим у групах, де використовувалися цитокініни.

З огляду на отримані результати, можна рекомендувати застосування поєднання цитокінінів та ауксинів для підвищення ефективності вирощування мікрогрину в гідропонних системах. Натуральні біостимулятори можуть стати екологічно безпечною альтернативою синтетичним засобам.

Список літератури

1. Kaur P., Mal Dipika, Sheokand A., Shweta, & Singh, Lakhu & Datta, Suchand. (2018). Role of Plant Growth Regulators in Vegetable Production: A Review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 7. 10.

2. Sathyanarayana, Sowmya & Gangadhar, Warke & Mahajan, Girish & Raut, Manish & Annapure, Uday. (2022). Hydroponics: An Intensified Agriculture Practice to Improve Food Production. Reviews in Agricultural Science. 10. 101-114.
3. Singh, Raj & Upadhyay, Sushil & Singh, Chhaya & Chauhan, Neha & Sharma, Indu & Sharma, Pooja & Rani, Anju. (2020). Study on the hydroponic system for sustainable farming of leafy vegetables crops. Plant Archives. 20. 5252-5256.
4. Wu, Xuexia & Zhu, Zongwen & Li, Xian & Zha, Dingshi. (2012). Effects of cytokinin on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence parameters and antioxidative system in seedlings of eggplant (*Solanum melongena* L.) under salinity stress. Acta Physiologiae Plantarum. 34. 10

УДК 631.46:579.64:574.34:574.38

**ВПЛИВ ЕКЗОМЕТАБОЛІТІВ ҐРУНТОВИХ
МІКРОМІЩЕТІВ І ПРОРОСТКІВ *SINAPIS ALBA* L. НА ЇХ
РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ, АНТАГОНІЗМ ТА
ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ГРИБІВ**

Віннікова О. І.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
E-mail: o.i.vinnikova@karazin.ua

Використання інтенсивних технологій ґрунту під сільськогосподарськими рослинами і спричинена ними ґрунтовтома, спонукає аграріїв до використання біоорганічних технологій вирощування. Однією з таких технологій є застосування сидератів, що дозволяє мінімізувати негативний вплив на ґрунт і навколишнє середовище традиційних методів ведення сільського господарства (хімічних добрив, пестицидів тощо). Відомо, що застосування сидератів сприяє збільшенню вмісту органічної речовини та азоту в ґрунті, сприяє переведенню фосфатів у доступну форму, а використання гірчиці та люпину знижує активність фітопатогенів. Тривале активне ґрунтокористування не тільки негативно впливає на мікробіом, а й призводить до зміни направленості процесів перетворення речовин у ґрунті. Ґрунтовим організмам, зокрема мікроміцетам,

відведена значна роль у підтримці стійкості стану всього мікробіому у природних і агроценозах. За участі грибів відбувається посилення поглинання мінеральних речовин, що досягається за рахунок збільшення зони контакту між корінням і ґрунтом. Також ґрунтові мікроміцети можуть захищати рослини від фітопатогенів. Проте, на ріст і розвиток мікроміцетів істотно впливають кореневі виділення, особливо рослин, що синтезують активні речовини – фітонциди, органічні кислоти, ефірні олії та інші біологічно активні речовини [1, 3–5]. Питання щодо вибіркості впливу біологічно активних речовин рослин на мікроміцети ризосфери і ризоплану, залишається відкритим. Також бракує інформації щодо вивчення взаємовідносин ґрунтової мікрофлори агроценозів та сидератних рослин, зокрема, гірчиці.

У зв'язку з викладеним, метою роботи було на основі даних ростових показників колоній мікроміцетів і проростків *Sinapis alba* L. визначити перехресний вплив їх культуральної рідини на швидкість росту і антагонізм грибів та проростання гірчиці.

В роботі використовували ізоляти мікроскопічних грибів з колекції мікроорганізмів кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів Харківського національного університету імені Каразіна В. Н. Усі використані ізоляти були виділені з орного шару ґрунту різних типів агроценозів – поля, що перебувало під паром, поля пшениці та поля під гірчицею сорту Еталон. Для отримання культуральних рідин, що містили екзометаболіти грибів використовували культивування ізолятів на рідкому поживному середовищі Чапека. Рідину, що містила продукти виділення (екзометаболіти) коренів гірчиці отримували шляхом пророщування простерилізованого насіння у планшетах зі стерильною водою протягом 10 діб у вегетативній камері. Для визначення впливу гірчиці на швидкість росту колоній мікроміцетів, до поживного середовища додавали нерозведenu воду після пророщування насіння гірчиці. Контролем слугувало середовище із додаванням аналогічного об'єму стерильної води. Для визначення впливу окремих ізолятів мікроміцетів на ріст та розвиток гірчиці здійснювали пророщування насіння гірчиці у чашках Петрі з фільтрувальним папером, зволoженим

культуральною рідиною, що містила екзометаболіти грибів. Контролем слугували чашки з фільтрувальним папером, зволженим стерильною водою. Антагоністичні властивості мікроміцетів та їх фітотоксичність досліджували загальноновживаними методами [2].

Аналіз отриманих результатів показав, що усі тестовані ізоляти мікроміцетів інгібували проростання насіння *S. alba* в середньому на 70% порівняно з контролем, та негативно впливали на приріст корінців проростків гірчиці. Додавання культуральної рідини *S. alba* до поживного середовища при культивуванні мікроміцетів негативно впливало на швидкість росту колоній, особливо фітопатогенних видів *Fusarium* і *Aspergillus*. В цілому ж, найбільш чутливими до дії екзометаболітів гірчиці виявилися ізоляти мікроміцетів, що були виділені з ґрунту поля під паром та гірчицею. За присутності екзометаболітів гірчиці у середовищі культивування більшості мікроміцетів, не зафіксовано істотної зміни антагоністичних та фітотоксичних властивостей досліджених ізолятів. Отже, здатність більшості досліджених мікроскопічних грибів утворювати антагоністично активні речовини, виявилася певною мірою генетично детермінованою. Проте було встановлено тенденцію залежності антагоністичних проявів ізолятів *Trichoderma koningi* від їхнього місцезнаходження: більш активними виявилися штами, що були виділені з ґрунту та ризосфери *S. alba*. Можливо, використання кореневих виділень не проростків, а зрілих рослин гірчиці, давало би більший ефект на фітотоксичні та антагоністичні властивості мікроміцетів. Адже в більш пізні фенологічні фази розвитку гірчиці посилюється накопичення біологічно активних речовин у ризосферній зоні.

Таким чином, метаболіти, які продукують сидеральні рослини, можуть впливати на розвиток, антагоністичні та фітотоксичні властивості представників ґрунтового мікробіому. Результати дослідження прямого впливу на мікроорганізми рослинних метаболітів, чи їхній опосередкований ефект можна використовувати для сучасних технологій біоорганічного землеробства. Отримані дані можуть бути використані під час пошуку і селекції активних штамів біоконтролю фітопатогенів.

Список літератури

1. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства : Монографія / Я. Г. Цицюра та ін. Вінниця : ТОВ Друк, 2022. 770 с.
2. Сучасні методи в алелопатичних дослідженнях. Методичний посібник. За заг. ред. Н. В. Заїменко. Київ : Ліра-К, 2021. 200 с.
3. Mishchenko Y., Kovalenko I., Butenko A. Microbiological activity of soil under the influence of post-harvest siderates . Journal of Ecological Engineering. 2022. Vol. 23, №. 4. P. 122-127. <https://doi.org/10.12911/22998993/146612>
4. Singh J., Faull J. L. Antagonism and biological control. In Biocontrol of plant diseases. CRC Press, 2020. P. 167-177.
5. Wozniak A. Chemical properties and enzyme activity of soil as affected by tillage system and previous crop. Agriculture. 2019. 9(12). 262. <https://dx.doi.org/10.3390/agriculture9120262>

УДК 582.32 (477)

РІДКІСНІ МОХОПОДІБНІ УЖАНСЬКОГО НПП

Вірченко В. М.

Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України
E-mail: vir_chen_ko@ukr.net

Узагальнення літературних даних і результатів власних досліджень дало можливість виділити в бріофлорі Ужанського НПП шість видів, занесених до офіційних природоохоронних документів.

Види, занесені до Додатку I Бернської конвенції.

Buxbaumia viridis (Moug. ex Lam. & DC.) Brid. ex Moug. & Nestl. В Україні вид відомий з Карпат, Опілля та Криму. Для парку наводили угорські дослідники з окол. с. Загорб, г. Черемха [2].

Dicranum viride (Sull. & Lesq.) Lindb. В Україні трапляється в Карпатах, неморальній зоні, на Поліссі та Лісостепу. На території парку нами виявлений у таких пунктах: окол. с. Сіль, уроч. Підросульські води; окол. с. Жорнава, Жорнавський потік; окол. с. Кострина, потоки Яворний та Німецький; окол. с.

Стужиця, потік Тихий.

Види, занесені до Червоного списку МСОП.

Pallavicinia lyellii (Hook.) Gray. В Україні був відомий із Закарпаття та Правобережного Полісся. На території парку знайдений І. С. Данилковим в уроч. Чертеж [1].

Brachythecium geheebii Milde – євразійський вид з основним поширенням у горах Європи. Для Українських Карпат цей мох відомий з п'яти пунктів Бескидів, Горган і Чорногори [2]. Нами виявлений у збірках з окол. с. Стужиця, схили г. Кременець; між потоками Суха Поточина і Гусарів; окол. с. Загорб, г. Черемха.

Види, занесені до Червоної книги України.

Plagiothecium neckeroideum Schimp. – гірський вид з диз'юнктивним євразійським поширенням. В Українських Карпатах відомий з Свидовця, Чорногори, Мармароських Альп. Для парку наводився І.С. Данилковим [1].

Anacamptodon splachnoides (Froel. ex Brid.) Brid. Субсередземноморсько-субокеанічний вид. В Українських Карпатах був відомий з Бескидів, Горган, Чорногори і Чивчино-Гринявських гір [2]. В парку нами виявлений в буково-яворовому лісі між потоками Суха Поточина і Гусарів в окол. с. Стужиця.

Список літератури

1. Данилків І. С., Демків О. Т., Лобачевська О. В., Мамчур З. І. Мохоподібні Карпатського біосферного заповідника. Біорізноманіття Карпатського біосферного заповідника. Київ: Інтерекоцентр, 1997. С. 190-197.
2. Зеров Д. К., Партика Л. Я. Мохоподібні Українських Карпат. Київ: Наук. думка, 1975. 231 с.

ВПЛИВ БІОЧАРУ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДБИТТЯ ҐРУНТУ

**Герц А. І.¹, Конончук О. Б.¹, Підліснюк В. В.², Герц Н. В.¹,
Хоменчук В. О.¹, Марків В. С.¹**

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

²Університет Яна Євангеліста Пуркіне в Усті-над-Лабем
E-mail: herts@chem-bio.com.ua

Добриво біочар отримується шляхом піролізу органічної біомаси в умовах обмеженого доступу кисню. Його внесення в ґрунт може сприяти секвестрації вуглецю, зростанню структурності, водоутримуючої здатності, адсорбції поживних речовин, зниженню мобільності забруднювачів тощо [2]. Однак, вплив біочару значно варіює залежно від типу вихідної сировини, умов отримання, характеристик ґрунту та кліматичних умов. Добриво змінює властивості ґрунту, зокрема його колір, вміст органічного карбону, ємність катіонного обміну, електропровідність (ЕС) та ін., які потребують ефективних, швидких та, бажано, неруйнівних технологій фіксування.

У цьому контексті значний інтерес викликає спектроскопія дифузного відбиття у видимій та ближній інфрачервоній (VIS-NIR, 400-2500 нм) областях спектра, яка дозволяє отримати інформацію про склад і властивості ґрунту, зокрема вміст ґрунтового органічного карбону (ГОК), вологи, механічних елементів тощо [1]. Оскільки біочар має переважно низьке відбиття через високий вміст вуглецю та ароматичних структур, VIS-NIR спектроскопія розглядається як інструмент для його детекції і кількісної оцінки в ґрунті [3].

Метою цієї роботи була оцінка можливості використання портативної рефлектометрії та колориметрії для виявлення біочару в чорноземі типовому, ідентифікації найчутливіших спектральних діапазонів та кольорних параметрів, встановлення кількісних залежностей між спектральними/кольорними характеристиками і вмістом ГОК за різного вмісту і виду біочару та оцінки можливості розрізнення типів біочару за спектральними даними.

Повітряно-сухий важкосуглинистий слабогумусований чорноземний ґрунт із структурою < 2 мм змішували з біочарами IDEALE та INTERMARCOM у концентраціях 0% (контроль), 3%, 5% та 7% від маси суміші. Зразки аналізували одразу за вологості 60% ПВ і температури 20 ± 2 °C та після 2-місячного інкубування. Спектри дифузного відбиття реєстрували портативним 10-канальним рефлектометром Our Sci на довжинах хвиль 365, 385 (УФ), 450, 500, 530, 587, 632 (видимий діапазон), 850, 880, 940 нм (ближній ІЧ), колірні характеристики в системі CIELab* – колориметром NixPro з геометрією 2°/D50, вміст ГОК – оксидиметричним методом, хімічних елементів (Si, Al, Fe, Ca, K, Mg, Ti, Mn та ін.) рентгенівською флуоресценцією (РФА), рН і ЕС у водних витяжках (1:5).

Внесення обох типів біочару значно та дозозалежно підвищувало вміст ГОК, суттєво знижувало коефіцієнти дифузного відбиття (КДО) практично на всіх вимірних довжинах хвиль, що характерно для темного вуглецевого матеріалу. Найпомітнішим це зменшення було у ближній ІЧ області. Виявлено сильну та статистично значущу ($p < 0,05$) негативну кореляцію між вмістом ГОК та КДО за цих довжин хвиль. Зокрема, коефіцієнти кореляції Пірсона (R) для довжин хвиль 850, 880 та 940 нм знаходились у діапазоні від -0.78 до -0.79. Це підтверджує високу чутливість NIR-діапазону до змін вмісту ГОК, індукованих біочаром. Також встановлено сильну негативну кореляцію між ГОК та параметром світлості L^* , з R - 0.56 до -0.60 ($p < 0.05$), що відображає потемніння ґрунту після внесення біочару. R з параметрами a^* та b^* були значно слабшими та менш стабільними.

Важливо відзначити, що після двох місяців інкубації ґрунту з біочаром, кореляційні зв'язки між ГОК та КДО в NIR-діапазоні залишалися високими (R від -0.76 до -0.78), хоча і незначно зменшились. Це вказує на відносну стабільність спектрального сигналу в середньостроковій перспективі та потенційну придатність методу для моніторингу.

Спектральні криві відбиття помітно залежали від типу внесеного біочару. Добри́во INTERMARCOM спричиняло значніше зниження КДО, особливо в діапазоні 632-940 нм, порівняно з біочаром IDEALE за однакових концентрацій.

Наприклад, за 7% вмісту INTERMARCOM знижував відбиття 940 нм хвиль на 15-20% сильніше, ніж IDEALE. Ця різниця була дозозалежною і дозволяла чіткіше розрізняти концентрації (3, 5, 7%) саме для біочару INTERMARCOM, що вказує на властивості самого добрива (розмір частинок, структура поверхні, хімічний склад, які залежать від сировини й умов піролізу) і суттєво впливає на його спектральний відгук у суміші з ґрунтом.

Застосування МГК до об'єднаного масиву даних (КДО, CIELab*, ГОК, ЕС, рН, дані РФА) дозволило ефективно візуалізувати їх структуру. Перші дві головні компоненти (ГК1 та ГК2) пояснили понад 62% загальної варіації системи (ГК1 $\approx$ 45%, ГК2 $\approx$ 17%). ГК1 і ГК2 показали чітке розділення зразків: контрольні взірці групувалися окремо, а з біочарами IDEALE та INTERMARCOM формували два відмінні кластери, що не перекривалися. Аналіз навантажень (loadings) виявив, що ГК1 була сильно пов'язана (негативно) із вмістом ГОК та (позитивно) зі значеннями КДО у VIS-NIR діапазонах і світлістю L^* , відображаючи загальну дію додавання біочару. ГК2, у свою чергу, ефективно розділяла типи біочару і була пов'язана з відмінностями в ЕС, вмісті К і Са, а також КДО у червоному та NIR діапазонах. Це вказує, що саме ці параметри (ГОК, ЕС, К, Са та відбиття у NIR) є ключовими предикторами, які дозволяють не тільки виявляти біочар, але й потенційно розрізняти його типи та оцінювати пов'язані зміни властивостей ґрунту за допомогою спектральних даних.

Проведене дослідження підтверджує високий потенціал використання портативної бюджетної рефлектометрії та колориметрії як інструментів для експрес-моніторингу чорнозему типового, модифікованого біочаром. Методи є чутливими до присутності біочару вже за концентрації від 3%. Встановлено значні та стабільні у часі (щонайменше 2 місяці) кореляційні зв'язки між вмістом ГОК та спектральними коефіцієнтами відбиття у ближній ІЧ-області (850-940 нм, $R \approx -0.79$), а також параметром світлості L^* ($R \approx -0.60$). Спектральні характеристики відбиття суттєво залежали від типу біочару, що дозволяє їх розрізняти, але також вказує на необхідність розробки калібрувальних моделей, специфічних для кожного біочару, або використання методів, які інваріантні до його типу.

Метод головних компонент дозволив ідентифікувати ключові параметри (ГОК, ЕС, К, Са та NIR-відбиття), що визначають спектральний відгук системи ґрунт-біочар та можуть слугувати предикторами для майбутніх кількісних моделей.

Отримані результати обґрунтовують доцільність подальших досліджень, спрямованих на розробку надійних калібрувальних моделей для кількісної оцінки вмісту ГОК та/або біочару в ґрунті за даними портативних спектральних приладів. Перспективним є тестування підходу на ширшому спектрі типів ґрунтів і біочарів, дослідження впливу вологості ґрунту, а також апробація методу безпосередньо в польових умовах для потреб точного землеробства і моніторингу стану ґрунтів.

Автори висловлюють подяку професору Павлу Шаповалу (Національний університет «Львівська політехніка») за допомогу у проведенні РФА аналізу. Дослідження виконано в рамках наукового проєкту НАТО «Наука заради миру та безпеки» (SPS) G6094.

Список літератури

1. Herts A., Khomenchuk V., Kononchuk O., Herts N., Markiv V., Buianovskyi, A. Use of visual-diagnostic color parameters of soils and optical reflectometry for determination of organic carbon content. *Journal of Geology, Geography and Geocology*. 2021. Vol. 31(2). P. 260–272. DOI: 10.15421/112224.
2. Schmidt H. P., Kammann C., Hagemann N., Leifeld J., Bucheli N. D., Monedero M. A. S., Cayuela M. L. Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses. *GCB Bioenergy*. 2021. Vol. 13(2). P. 1–23. DOI: 10.1111/gcbb.12889.
3. Tsolis V., Barouchas P. Biochar as Soil Amendment: The Effect of Biochar on Soil Properties Using VIS-NIR Diffuse Reflectance Spectroscopy, Biochar Aging and Soil Microbiology – A Review. *Land*. 2023. Vol. 12: 1580. DOI: 10.3390/land12081580.

OPENFLEXURE MICROSCOPE ЯК ЗАСІБ СВІТЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ ДЛЯ МОРФОЛОГО-АНАТОМІЧНОГО АНАЛІЗУ РОСЛИН

Герц Н., Цимбалюк О., Герц А.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: herts_nv@chem-bio.com.ua

OpenFlexure Microscope – це відкритий проект, який став справжнім проривом у світовій науці, зокрема в дослідженнях морфології та анатомії рослин. Цей мікроскоп поєднує доступність, високу точність і гнучкість, що дозволяє адаптувати його під різні наукові завдання. Завдяки своїм характеристикам, OpenFlexure Microscope відкриває нові горизонти в дослідженнях на всіх етапах: від вивчення клітинної будови до аналізу складних морфологічних структур рослин.

OpenFlexure Microscope — це світловий мікроскоп, розроблений на основі принципу відкритого апаратного забезпечення, що дозволяє значно знизити вартість пристрою, не жертвуючи якістю зображень [1]. Це робить його доступним для навчальних закладів, наукових установ та дослідників, які працюють із рослинами. Особливістю цієї моделі є можливість самостійного складання мікроскопа за допомогою доступних матеріалів та інструкцій, що робить його ще більш привабливим для академічних середовищ.

Мікроскоп оснащений датчиками, що забезпечують високу роздільну здатність зображень, необхідних для точного морфологічного аналізу рослин. Важливою особливістю є використання 3D-друку для виготовлення частин конструкції, що надає мікроскопу додаткову гнучкість та можливість налаштування під специфічні потреби досліджень [5].

Морфологічний та анатомічний аналіз рослин вимагає високої точності та деталізації зображень для дослідження внутрішньої будови тканин, клітин та великих органів, таких як листки, стебла, корені. OpenFlexure Microscope дозволяє отримувати зображення з високою роздільною здатністю, що є важливим для досліджень рослин на молекулярному і клітинному

рівнях. Мікроскоп дає змогу детально вивчати структури, зокрема епідерміс, судинні пучки, хлоропласти та інші клітинні органели, що є важливим для розуміння механізмів росту, розвитку та адаптації рослин до змін навколишнього середовища. Ці деталі можуть допомогти виявити особливості структури, які мають значення для механізмів живлення, водообміну та інших процесів в рослинах.

Однією з головних переваг OpenFlexure Microscope є його відкритість для користувачів. Завдяки відкритому коду та конструктивним планам, будь-хто може не лише відтворити цей мікроскоп, а й адаптувати його для своїх власних досліджень. Це дає можливість знизити витрати на придбання дорогих наукових приладів та відкриває нові можливості для навчальних закладів і дослідницьких центрів, де бюджетні обмеження можуть бути серйозною проблемою.

Для зручності користувачів OpenFlexure Microscope оснащений інтуїтивно зрозумілим програмним забезпеченням, яке дозволяє легко здійснювати зйомку з високою роздільною здатністю, а також аналізувати отримані зображення. Програмне забезпечення можна адаптувати під специфічні завдання морфологічного та анатомічного дослідження рослин, такі як вимірювання розмірів клітин, товщини стінок або порівняння різних зразків.

Мікроскоп також можна інтегрувати з іншими інструментами, зокрема системами зберігання та аналізу даних, що дозволяє ефективно зберігати великі обсяги інформації та проводити складні статистичні аналізи. Це дає можливість для глибшого розуміння отриманих результатів, що є важливим для створення нових ботанічних моделей і вивчення різноманітних аспектів життєвих циклів рослин [3, 5].

OpenFlexure Microscope має великий потенціал для застосування в освітніх цілях. Завдяки своїй доступності, він може бути використаний студентами в навчальних лабораторіях, що дозволяє їм здобувати практичний досвід роботи з сучасними мікроскопічними технологіями без необхідності придбання дорогих приладів.

Окрім того, це пристрій має величезний потенціал для подальшого розвитку. Очікується, що в майбутньому OpenFlexure

Microscope буде доповнено новими модулями та сенсорами для ще більш детального вивчення рослинних тканин. Це дасть змогу покращити точність досліджень та відкриє нові можливості для вивчення різноманітних аспектів життя рослин. Завдяки популяризації відкритих технологій, OpenFlexure Microscope може стати основою для подальшого розвитку більш дешевих та доступних методів світлової мікроскопії, що допоможе зробити науку доступнішою для дослідників у всьому світі. З огляду на швидкий розвиток технологій, можна очікувати, що в майбутньому OpenFlexure Microscope стане ще більш універсальним інструментом для досліджень у ботаніці. OpenFlexure Microscope є важливим інструментом для морфологічно-анатомічних досліджень рослин. Завдяки своїй відкритості, доступності та можливості налаштування він забезпечує високоякісні зображення, необхідні для детального вивчення клітинної будови та анатомії рослин. Цей мікроскоп відкриває нові можливості для дослідників, студентів та науковців, дозволяючи здійснювати глибокий аналіз морфології рослин без значних витрат.

Список літератури

1. OpenFlexure Microscope URL: <https://openflexure.org/projects/microscope/> (дата звернення 05.05.2025 р.)
2. Mark Kristan Espejo Cabello, Jeremie E De Guzman Utilization of accessible resources in the fabrication of an affordable, portable, high-resolution, 3D printed, digital microscope for Philippine diagnostic applications PLOS Glob Public Health. 2023 Nov 21; 3(11):e0002070. DOI: 10.1371/journal.pgph.0002070
3. Stephen D. Grant, Kyle Richford, Heidi L. Burdett, David McKee, Brian R. Patton Low-cost, open-access quantitative phase imaging of algal cells using the transport of intensity equation. January 2020, Royal Society Open Science 7(1):191921 DOI:10.1098/rsos.191921
4. Reguilon A., Bethard W. and Brekke E. A low-cost confocal microscope for the undergraduate lab, American Journal Physics 91(5): 404 (2023) <https://doi.org/10.1119/5.0128277>
5. Tai The Diep, Sarah Helen Needs, Samuel Bizley, and

Alexander D. Edwards Rapid Bacterial Motility Monitoring Using Inexpensive 3D-Printed OpenFlexure Microscopy Allows Microfluidic Antibiotic Susceptibility Testing Micromachines 13, no. 11: 1974 (2022)
DOI: 10.3390/mi13111974

578.087.1

СВІТЛОВА МІКРОСКОПІЯ ЯК ЗАСІБ ПІЗНАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Герц Н., Мацюк О., Зінків І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: herts_nv@chem-bio.com.ua

Світлова мікроскопія є одним із базових методів дослідження у біології, що забезпечує можливість спостереження структур, розміри яких перевищують межу роздільної здатності людського ока. Завдяки розвитку оптичних технологій, мікроскопічні методи стали незамінним інструментом у вивченні морфології клітин, тканин і мікроорганізмів. Використання світлової мікроскопії не лише сприяє глибшому розумінню процесів життєдіяльності на клітинному рівні, але й формує у здобувачів освіти навички практичного дослідження, критичного мислення та інтеграції знань з різних природничих наук [1].

Мікроскопічні методи дослідження – способи вивчення різних об'єктів за допомогою мікроскопа. У біології та медицині ці методи дозволяють вивчати будову мікроскопічних об'єктів, розміри яких лежать за межами роздільної здатності ока людини. Основу мікроскопічних методів дослідження становить світлова та електронна мікроскопія [2]. Світлові мікроскопи збільшують об'єкт більш ніж у 1500 разів, а електронні мікроскопи – більш ніж у 20 000 разів. У практичній і науковій діяльності вірусологи, мікробіологи, цитологи, морфологи, гематологи і ін. крім звичайної світлової мікроскопії використовують фазово-контрастну, інтерференційну, люмінесцентну, поляризаційну, стереоскопічну, ультрафіолетову, інфрачервону мікроскопію. В основі цих методів лежать різні властивості світла. Світлова мікроскопія ґрунтується на законах геометричної оптики і

хвильової теорії утворення зображення [3]. Світлова мікроскопія – один із базових і водночас найважливіших методів дослідження в біології, що відкриває доступ до мікросвіту клітин, тканин, мікроорганізмів і найдрібніших структур живої матерії. У межах загальної середньої освіти вона відіграє ключову роль у формуванні дослідницьких умінь, розвитку наукового мислення й практичного інтересу до вивчення біології. Проаналізуємо освітнє значення світлової мікроскопії:

1. Формування навичок практичного дослідження. Учні вчаться користуватись мікроскопом, готувати мікропрепарати, правильно налаштовувати освітлення, фокус. Розвиваються точність, спостережливість, уважність до деталей.
2. Реалізація принципу наочності. Завдяки мікроскопії біологічні об'єкти (клітини епітелію, рослинні тканини, одноклітинні організми) стають візуально доступними, що значно підвищує рівень засвоєння знань.
3. Інтеграція знань з різних галузей. Учні одночасно застосовують знання з фізики (оптика), хімії (барвники, реактиви), інформатики (цифрова мікроскопія), що відповідає сучасному STEM-підходу.
4. Стимулювання дослідницького мислення. Учні формують гіпотези («Які клітини можна побачити в зрізі цибулі?»), проводять дослід, описують результати, порівнюють їх із теоретичними знаннями. Розглянемо приклади використання світлової мікроскопії на уроках біології: 6 клас – спостереження клітини епідермісу луски цибулі, водоростей;
5. 8 клас – вивчення будови тканин людини (епітеліальної, м'язової);
6. 9–11 класи – дослідження мітозу в корінці цибулі, будови мікроорганізмів;
7. МАН/гуртки – власноручне виготовлення постійних або тимчасових препаратів, цифрова зйомка мікрооб'єктів.

Існують наступні сучасні технології в мікроскопії: цифрові світлові мікроскопи – дають можливість проектувати зображення на екран, робити фото/відео для подальшого аналізу, віртуальні лабораторії – дозволяють здійснювати мікроскопічні дослідження

онлайн (наприклад, сайти: Learn Genetics, BioDigital, Edulab), мобільна мікроскопія – використання смартфонів із лінзами як портативних мікроскопів на уроках або в польових умовах. Отже, світлова мікроскопія – це не просто інструмент, а «вікно у невидимий світ», який учні відкривають власноруч. Саме через досвід мікроспостереження формується розуміння структури живого організму, з'являється усвідомлення складності життя на мікрорівні, що сприяє розвитку інтересу до науки та дослідницької діяльності.

Список літератури

1. Key Competencies. A developing concept in general compulsory education. Eurydice. The information network on education in Europe, 2002. 28 p.
2. Методичні вказівки з курсу «Мікроскопія в сучасних наукових дослідженнях» для самостійної роботи здобувачів другого (магістерського) рівня на основі ПСЗО зі спеціальностей 211 «Ветеринарна медицина» та 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза». укладачі: Р. В. Криворученко, Д. В. Чуйко. Харків : ДБТУ, 2023. 31 с.
3. Люта В. А., Кононов О. В. Практикум з мікробіології: навч. Посібник. К.: Медицина, 2008. 184 с.

УДК 633.11:631.53027

ВПЛИВ ДОБРИВ НА ВМІСТ ЗАГАЛЬНОГО АЗОТУ В РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Жиляк І. Д., Дем'янів В. І., Макух А. І.

Уманський національний університет
20305, вул. Інститутська, 1, Умань, Україна

E-mail: zhilyak@i.ua

Дослідження екологічних аспектів застосування оптимальних норм азотних добрив – одне з найбільш важливих питань практики застосування агрохімікатів, в якому відображається взаємозв'язок між рослиною, добривом, ґрунтом і погодою. Мінеральні добрива потенційно не являються забруднювачами довкілля, але можуть забруднювати середовища при порушенні технологій їх використання. Особливу небезпеку

може становити азот, який досить легко мігрує в об'єктах довкілля і тому необхідно встановити оптимальну кількість внесення його на конкретному типі ґрунтів з врахуванням погодно-кліматичних умов зони.

Рослини пшениці озимої споживають азот безперервно з початку відновлення вегетації до періоду молочної стиглості з невеликим сповільненням в період колосіння. Найбільше поглинання його спостерігається в період кущення-виходу в трубку. Таким чином, пшениця озима повинна бути забезпечена азотом достатньо, але не більше рекомендованої норми. При нестачі азоту виростають слабкі рослини, спостерігається незначне кущення, виходять в трубку тільки головні стебла, утворюється щуплий колос, відбувається раннє досягання, маса 1000 зерен низька. Надлишкове азотне живлення викликає сильний ріст рослини, велике кущіння, в трубку виходить багато стебел, недостатньо освітлюються нижні міжвузля, зростає загущеність посівів, ураження грибковими захворюваннями, небезпека вилягання. Пшениця озима так сильно реагує на азотне живлення, що за допомогою азотних підживлень можна керувати розвитком і формуванням густоти стеблостою та іншими ознаками урожайності.

Метою досліджень було вивчити трансформацію азотистих сполук в ґрунті та шляхи їх міграції в навколишньому та взаємозв'язок між рухомими сполуками азоту в ґрунті, нормами та строками внесення азотних добрив і режимом живлення рослин пшениці

У досліді було використано пшеницю озиму сорту Лазурна, насіння – першої репродукції, оригінатор – Інститут фізіології рослин і генетики НАН України. В процесі досліджень використовували лабораторні і статистичні методи.

В якості добрив вносилися аміачна селітра, простий суперфосфат та калійна сіль і тільки третє позакореневе підживлення проводилося сечовиною.

Схема досліді включала в себе виробничий контроль – $N_{60}P_{60}K_{60}$ та дослідні варіанти:

1. Фон ($P_{60}K_{60}$) + N_{60} (контроль)
2. Фон ($P_{60}K_{60}$) + N_{30} (I підживлення)
3. Фон ($P_{60}K_{60}$) + N_{30} (I підживлення) + N_{30} (II підживлення)

4. Фон ($P_{60}K_{60}$) + N_{30} (I підживлення) + N_{30} (II підживлення) + N_{30} (III підживлення).

При використанні азотних добрив необхідно витримувати особливий режим - роздрібне внесення встановлених доз у весняно-літній період вегетації в конкретні етапи органогенезу рослин. Перше весняне підживлення проводиться при першій можливості проході агрегатів по технологічних коліях, що часто співпадає з кінцем другого етапу органогенезу. При цьому використовують 30% від повної норми азоту (30-60 кг/га). Друге підживлення здійснюється в фазі виходу рослин в трубку (четвертий етап органогенезу) і використовується 50% норми азоту (60-90 кг/га). Третій строк внесення азоту (частина, що залишилася) - від початку колосіння озимої пшениці до наливу зерна. Від останнього підживлення очікується збільшення маси зерен, вмісту білка і клейковини та можливе підвищення урожаю.

Між ростом рослин і споживанням ними поживних речовин існує тісний зв'язок. За даними нашого досліді зростання вмісту нітрогену в рослинах пшениці озимої продовжувалося до десятого етапу органогенезу, але слід зазначити, що основна його кількість споживалася на восьмому етапі органогенезу, при цьому більша його частина знаходилася в листках і зростав його вміст в колосі. Різке зменшення азоту в вегетативних органах збільшує його вміст в зерні. Однак, вміст азотистих сполук в зерні зростає як за рахунок відтоку його з вегетативних органів, так і за рахунок надходження з ґрунту.

Рівень азотного живлення рослин впливає на надходження азоту із ґрунтового середовища. Внесення азотних добрив посилює споживання азоту пшеницею озимою, що підтверджується результатами наших досліджень (табл.).

Результати свідчать, що вміст загального азоту в рослинах найменший на варіанті із внесенням $P_{60}K_{60} + N_{30}$, де вносилося мінімальна його кількість. По мірі збільшення норми азоту в підживлення, зростає його вміст в рослинах; причому зростання спостерігається на протязі всіх етапів органогенезу.

Вплив азотних підживлень на вміст загального азоту в
рослинах пшениці озимої

Варіант	Вміст загального азоту, %							
	весняне кущення		вихід в трубку		цвітіння		повна стиглість	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Фон (P ₆₀ K ₆₀) + N ₆₀ (контроль)	4,11	3,84	3,14	3,11	3,11	3,00	3,00	2,81
Фон (P ₆₀ K ₆₀) + N ₃₀ (I підживлення)	3,18	3,12	2,94	2,85	2,93	2,91	2,61	2,54
Фон (P ₆₀ K ₆₀) + N ₃₀ (I підживлення) + N ₃₀ (II підживлення)	4,10	3,85	3,92	3,11	3,63	3,08	3,42	3,21
Фон (P ₆₀ K ₆₀) + N ₃₀ (I підживлення) + N ₃₀ (II підживлення) + N ₃₀ (III підживлення).	4,24	3,85	4,10	3,14	3,77	3,22	3,90	4,01

Використання підживлень дозволяє підвищувати вміст азоту в рослинах, що може обумовлює позитивну дію на поліпшення якості зерна.

УДК 633: 94(4/9)

СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК РОСЛИННИЦТВА У РІЛЬНИЧІЙ ШКОЛІ ДУБЛЯН

Клименко М. Б.

Національна наукова сільськогосподарська бібліотека

Національної академії аграрних наук України

E-mail: klymenko_mike@ukr.net

Рільнична школа у Дублянах, що була заснована у другій половині XIX століття, відіграла ключову роль у розвитку аграрної науки та освіти у Королівстві Галичини та Володимирії. Вона стала не лише центром підготовки висококваліфікованих спеціалістів у сільському господарстві, а й осередком наукових досліджень у галузі рільництва та рослинництва. Завдяки діяльності викладачів та науковців, у Дублянах були впроваджені

передові методи агрономії, селекції та агротехнічних досліджень. Рільнича школа Дублян розпочала власну діяльність у галузі рослинництва практично з моменту свого заснування. Важливу роль у цьому процесі відіграло функціонування при школі господарства з дослідними полями.

Особливе значення мала діяльність школи у сфері вивчення та селекції сільськогосподарських культур, удосконалення методів сівозміни та впровадження прогресивних підходів до удобрення ґрунтів. Завдяки належній дослідницькій базі, професійним кадрам і міжнародній співпраці, Дублянська рільнича школа стала центром аграрної інновації свого часу. Важливо підкреслити, що її внесок у розвиток рослинництва не обмежувався лише регіоном Галичини, а мав вплив на ширший простір Австро-Угорщини та пізніше України [2].

Переломним моментом у становленні рослинництва при Рільничій школі став 1870 рік [3]. У цей час в межах реорганізації пришкільного господарства введено основну сівозміну, що стало важливим кроком у раціональному використанні ґрунтів. Було розширено площі під картоплю та ріпак, а посіви кормового буряку та моркви були зменшені. Важливою складовою господарства стало функціонування вівчарні, що сприяло розвитку агрономічних експериментів із вирощування кормових культур. Для проведення практичних занять і наукових досліджень при школі функціонувало дослідне поле площею 5 гектарів. У польових експериментах вивчався вплив різних видів добрив (мінеральних та зелених) на врожайність зернових, бобових культур та картоплі. Крім того, на дослідному полі була створена велика колекція сільськогосподарських рослин, що дозволяло проводити селекційні дослідження та тестування нових сортів. Для забезпечення якісного навчання та дослідницької діяльності у школі були створені гербарні, мінералогічні та геологічні колекції. Ботанічний сад закладу містив кілька сотень зразків рослин, що використовувалися для навчання та наукових досліджень. Водночас школа стикалася з проблемами технічного забезпечення, зокрема нестачею сільськогосподарських машин та недостатнім фінансуванням хімічної лабораторії.

Станом на 1875 рік рільнича школа стала важливим

центром досліджень у сфері рослинництва [4]. Тут викладаються принципи організації сівозміни, класифікація та оцінка земель, проводяться важливі польові дослідження ефективності застосування добрив, повноцінно функціонує хімічна лабораторія з вивчення хімічних і фізичних властивостей ґрунтів, якостей добрив та їхньої агрономічної цінності, проводяться анатомо-фізіологічні дослідження. У складі навчального закладу функціонує дослідне поле та ботанічний сад, хімічна лабораторія, бібліотека, школа утримує мінералогічну та ботанічно-зоологічну колекції.

У 1901 році в Академії рільництва у Дублянах було створено кафедру рільництва і рослинництва, яка згодом стала провідним науковим осередком [1]. Її діяльність охоплювала як навчальний, так і дослідницький процеси. Важливим здобутком кафедри стало створення власної бібліотеки, яка станом на 1914 році налічувала близько 500 томів і отримувала спеціальну наукову періодику з різних країн Європи. Одним із ключових науковців, які зробили значний внесок у розвиток рослинництва в Дублянах, був професор Казимір Мічинський. Він очолював кафедру рільництва та рослинництва у 1915–1918 роках і одночасно виконував обов'язки ректора академії. Під його керівництвом була створена дослідна станція з вирощування сільськогосподарських культур, а також станція селекції та насінництва, що заклало основи для подальшого розвитку аграрної науки.

Рільнича школа у Дублянах зробила значний внесок у розвиток рослинництва та аграрної науки. Завдяки створенню спеціалізованої кафедри, організації дослідного поля, впровадженню нових методів сівозміни та діяльності видатних науковців, навчальний заклад став важливим центром аграрної освіти і досліджень. Попри певні труднощі з матеріально-технічним забезпеченням, школа продовжувала розширювати свої наукові можливості та сприяти підготовці кваліфікованих аграрних спеціалістів. Її діяльність мала довготривалий вплив на розвиток сільського господарства в регіоні, залишаючи спадщину, що вплинула на подальший розвиток аграрної науки в Україні. Вплив Дублянської рільничої школи відчувався не лише у межах регіону, а й на загальноукраїнському рівні. Підготовлені

нею спеціалісти поширювали отримані знання, що сприяло загальному зростанню продуктивності сільського господарства. Попри певні труднощі з матеріально-технічним забезпеченням, школа продовжувала розширювати свої наукові можливості та сприяти підготовці кваліфікованих аграрних спеціалістів. Її діяльність заклала міцний фундамент для подальшого розвитку аграрної науки в Україні, забезпечуючи передумови для вдосконалення сільськогосподарських технологій та підвищення врожайності основних сільськогосподарських культур.

Список літератури:

1. Кафедра технологій в рослинництві. Львівський Національний Університет Ветеринарної Медицини та Біотехнологій. URL: <https://lnup.edu.ua/en/kaftekhuros> (дата звернення: 03.04.2025).
2. Клименко М. Б. Становлення рільничої школи Дублян як освітньо-накового осередку у 1856-1876 рр. Історія науки і біографістика. 2025. № 1. doi.org/10.31073/istnauka202501-05
3. Rolnik : czasopismo dla gospodarzy wiejskich : organ urzędowy c. k. galicyjskiego Towarzystwa gospodarskiego. T.6, [Zeszyt 3] (marzec 1870)
4. Surzycki, S. Rozwój wiedzy rolniczej w Polsce. Krakow: Ksiegarnia Gebethnera i Wolffa. 1928, 329 s.

УДК: 581.1:579.64

**РОЛЬ РИЗОСФЕРНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У
ФОРМУВАННІ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ**

Комінарець О. Є. Обезюк І. М.

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії
наук України

E-mail: anqueitas@ukr.net

Створення нових високоврожайних сортів зернових культур, що позитивно реагують на великі дози азотних добрив, спричинило зелену революцію в сільському господарстві та стало причиною більш, ніж десятикратного збільшення врожайності

аграрних культур у країнах, що розвиваються. Разом із тим надмірне використання синтетичних добрив стало причиною виникнення численних екологічних проблем, таких як глобальне потепління, забруднення ґрунтових вод, порушення колаобігу азоту в природі, тощо. Слід також зазначити, що мінеральні азотні добрива потребують для свого виробництва значних витрат енергії та коштів. У зв'язку з цим виникла потреба в нових джерелах азоту, на заміну штучно синтезованим добривам. Біологічна фіксація азоту – здатність ґрунтових бактерій у симбіозі з бобовими рослинами перетворювати атмосферний N_2 у легкозасвоюваний аміак може бути надзвичайно перспективною альтернативою використання синтетичних азотних добрив [5]. Важливу роль у процесі життєдіяльності рослин, зокрема бобових, відіграють ґрунтові мікроорганізми прикореневої зони. Серед відомих і найбільш досліджуваних представників можна виокремити бактерії таких родів як *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum* та інші. Активно населяючи ризосферу, вони можуть впливати на ріст і розвиток рослин, використовуючи прямі та непрямі механізми. Пряма дія полягає в збільшенні доступних форм корисних мінералів, таких як фосфор, калій, залізо, а також у впливі на рівень азотфіксувальної активності, синтезі фітогормонів. Непряма, здебільшого, направлена на обмеження розвитку фітопатогенів [4]. Тому аналіз впливу мікробних ґрунтових спільнот на формування і ефективність бобово-ризобіального симбіозу на сьогоднішній день є актуальним.

Мікроорганізми прикореневої зони фіксують атмосферний азот в сполуки, які є доступними для рослин, підтримують ростові процеси, а також виступають в якості джерел азоту, що позитивно впливає на формування проростків. Крім того, мікрофлора прикореневої зони здатна продукувати речовини, що мають стимулюючу властивість, такі як вітаміни, фітогормони [2], а також метаболіти, що можуть пригнічувати ріст мікроорганізмів і рослин. Слід зазначити, що рівень впливу речовин-стимуляторів корелює з їх концентрацією в ризосфері.

Мікроорганізми ризосфери окрім здатності до впливу на розвиток рослин також беруть участь в процесі формування бактеріальної мікрофлори, здійснюючи регуляцію кількості бактерій, зокрема, через виділення специфічних метаболітів. До

того ж, ґрунтові бактерії проявляють антагоністичну активність, чим ослаблюють вплив фітопатогенів, відповідно зменшуючи симптоми прояву хвороб у рослин. Цей вид активності притаманний для бактерій родів *Azotobacter*, *Bacillus*, *Azospirillum* та інших.

Серед усієї різноманітності ризосферних бактерій рослин, зокрема бобових, окрему групу складають ризобії, які формують симбіоз і утворюють бульбочки – орган, у якому відбувається асиміляція азоту [1]. У сільському господарстві набуває поширення застосування інокуляції бобових культур для поліпшення їх росту і розвитку та підвищення урожайності. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій і бобових рослин залежить серед іншого і від впливу мікроорганізмів, що населяють прикореневу зону, а також комплексної дії факторів, таких як: розмір популяцій бактеріальної мікрофлори і їх конкурентноздатність, сумісність рослини з певним штамом, умови вирощування рослин, склад ґрунтів і їх температура. Всі ці фактори впливають також на склад мікробної спільноти та їх ростостимулюючий потенціал і функціональну активність.

Літературні джерела вказують на позитивний ефект від інокуляції насіння бобових культур суспензією швидко або повільнорослих ризобій і ґрунтових мікроорганізмів, більшість із яких здатні виділяти речовини рістстимулюючої і антибіотичної дії, а також мобілізувати важливі мінеральні елементи, необхідні для росту рослин, чим і пояснюється їх ефекторна дія.

У процесі азотного живлення бобові рослини витрачають молекули АТФ, тож їм життєво необхідний фосфор, до складу яких він входить. Це пояснює важливу роль в ризосфері фосфатмобілізуючих бактерій, адже за низького вмісту фосфору ризобії проникають у корінь, але не формують бульбочок.

Деякі ризосферні бактерії можуть частково нівелювати температурні зміни в зоні кореня, що позитивно позначається на рівні азотфіксувальної активності. Зафіксовані також випадки позитивного впливу фосфатмобілізуючих і ростостимулюючих мікроорганізмів у складі композицій з ризобіями на урожай сої в умовах низького рН ґрунту.

Проте, позитивний вплив ризобактерій на розвиток симбіозу бобових рослин і бульбочкових бактерій

спостерігається не завжди. Результати досліджень науковців Інституту мікробіології і вірусології ім Д.К. Заболотного НАН України вказують, що характер впливу бактерій роду *Azotobacter* та *Bacillus* sp. є неоднозначним і як правило залежить від складу і співвідношення бактеріальних агентів у бінарних інокулянтах [3].

Отже, ґрунтові ризосферні мікроорганізми відіграють важливу роль в процесі росту, розвитку, живленні і формуванні урожайності рослин, захисті їх від стресових факторів, а також беруть участь в регулюванні бобово-ризобіального симбіозу. Для забезпечення ефективної рослинно-мікробної взаємодії доцільно всебічно досліджувати властивості інтродукованих мікроорганізмів та мікробіоти прикореневої зони рослин за різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування.

Список літератури

1. Особливості взаємодії рослин і азотфіксуючих мікроорганізмів: монографія. / Коць С. Я., Береговенко С. К., Кириченко О. В., Мельникова Н. М. Київ: Наук. думка, 2007. 315 с.
2. Коць С. Я., Грищук О. О. Фітогормональна регуляція бобово-ризобіального симбіозу. Фізіологія рослин і генетика. 2019. Том. 51, № 1. С. 3–27.
3. Мельникова Н. М., Булаченко Л. В., Курдиш І. К. Формування і функціонування бобово-ризобіального симбіозу у рослин сої при інтродукції штамів родів *Azotobacter* і *Bacillus*. Прикладна біохімія і мікробіологія. 2002. Том. 38, № 4. С. 427–432.
4. Alemneh A. A., Zhou Y., Ryder M. H., Denton M. D. Mechanisms in plant growth-promoting rhizobacteria that enhance legume–rhizobial symbioses. Journal of Applied Microbiology. 2020. Vol. 129, No 5. P. 1133–1156.
5. Saha B., Saha S., Das A., Bhattacharyya P.K., Basak N., Sinha A.K., Poddar P. Biological Nitrogen Fixation for Sustainable Agriculture. Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture. 2017. P. 81–128.

ВПЛИВ ЗОЛОТИСТОГО СТАФІЛОКОКУ НА КЛІНІЧНУ КАРТИНУ ГОСТРОГО ТОНЗИЛІТУ

Кравець Н. Я.

Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського МОЗ України

E-mail: natakravec7@gmail.com

Мигдалики є важливими компонентами імунної системи, і їхні інфекції належать до найпоширеніших захворювань у людей. Гострий тонзиліт може мати як вірусну, так і бактеріальну природу. Вірусний тонзиліт часто викликається тими ж збудниками, що й застуда (RV, RSV, ADV, Co-V) [1]. З іншого боку, серед бактеріальних збудників основну роль відіграють *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* та *Haemophilus influenzae*. Гострий бактеріальний тонзиліт супроводжується набряком мигдаликів, болем у горлі, утрудненим ковтанням, високою температурою, головним болем і загальною втомою [2]. Для оцінки тяжкості стану лікарі застосовують шкалу Centor/McIsaac, за якою при 3–4 балах рекомендовано бактеріологічне дослідження та негайний початок лікування. Серед бактеріальних збудників особливу увагу привертає *S. aureus*, який здатний колонізувати мигдалики та ускладнювати перебіг захворювання. Хоча *S. pyogenes* є основним патогеном, *S. aureus*, зокрема його метицилін-резистентні штами (MRSA), може спричиняти персистуючі інфекції, посилювати запальну реакцію та сприяти формуванню гнійних пробок і перитонзиллярних абсцесів [3,4]. Оскільки клінічні прояви бактеріального тонзиліту варіюються, лабораторна діагностика відіграє важливу роль у виявленні *S. aureus* та визначенні його чутливості до антибіотиків, що критично важливо для ефективного лікування гострого і рецидивуючого тонзиліту. Мета дослідження – проаналізувати взаємозв'язок між виявленням *S. aureus* у мазках із ротоглотки та характером проявів та інтенсивністю симптомів запального процесу піднебінних мигдаликів.

У дослідженні взяли участь 47 пацієнтів із симптомами

ангіни, які проходили лікування у сімейного лікаря. Середній вік обстежених становив $22,44 \pm 2,79$ року. Діагноз гострий тонзиліт встановлювали відповідно до клінічного протоколу надання первинної, вторинної (спеціалізованої) та третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги («Тонзиліт»). Для оцінки клінічних симптомів лікарі застосовували шкалу Centor, а у пацієнтів віком до 15 років використовували модифіковану шкалу McIsaac. Інтенсивність болю оцінювали за допомогою візуальної аналогової шкали (ВАШ), де пацієнти самостійно визначали рівень болю в діапазоні від 0 (відсутність болю) до 10 (нестерпний біль). Діагностичний матеріал отримували шляхом забору мазків із поверхні мигдаликів, які піддавали бактеріологічному дослідженню згідно зі стандартними методами [5]. Усі учасники дослідження підписали інформовану згоду, а саме дослідження відповідало етичним нормам, викладеним у «Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину», а також Гельсінській декларації Всесвітньої медичної асоціації щодо проведення досліджень за участю людини. Воно було виконане згідно з наказом №690 МОЗ України від 23.09.2009 р. та з дотриманням вимог комітету з біоетики Тернопільського національного медичного університету ім. І. Я. Горбачевського. Обробку отриманих результатів здійснювали з використанням програмного пакета Microsoft Office 2016 (MS Excel). Для статистичного аналізу застосовували непараметричні методи: U-критерій Манна-Уїтні – для порівняння двох незалежних вибірок. Отримані результати вважали статистично значущими при рівні $p < 0,05$.

Для встановлення діагнозу, користувалися шкалою Centor, за якою пацієнти були розподілені на три групи, в залежності від суми балів, які вони отримали при огляді. Так, частка пацієнтів з сумою балів, яких не перевищила один була (2,12%;1), у другу групу були об'єднані пацієнти, які отримали від двох (25,53%;12 осіб), три бали (48,93%;23) максимальні чотири бали отримали (23,40%;11 пацієнтів) за оцінкою діагностичних ознак для встановлення діагнозу гострого запалення мигдалин. За оцінкою тесту ВАШ інтенсивність болю у пацієнтів можна розділити на три групи легкий (0-3) виявлено у 6 пацієнтів, середній (4-7) у 33 хворих та важкий (8-10) у 8 осіб.

Бактеріологічне дослідження було проведено у всіх 47 пацієнтів. У 3 випадках (6,38%) виявлено *Streptococcus pyogenes*, у 13 випадках (27,66%) – *Staphylococcus aureus*. Пацієнтів поділили на дві групи: з наявністю та відсутністю *S. aureus* для подальшого аналізу його впливу на перебіг гострого тонзиліту.

Порівняння груп за інтенсивністю болю (ВАШ) та оцінками за шкалою Centor проводили з використанням U-критерію Манна-Уїтні. Встановлено, що у групі з виявленням *S. aureus* відмінності були статистично значущими ($p < 0,05$). У групі без *S. aureus* також зафіксовано достовірну різницю ($p < 0,05$). Водночас різниця між двома групами за шкалою Centor не була достовірною ($p > 0,74$). Стафілококи важливий компонентом коменсальної флори, проте деякі їх види, зокрема *S. aureus*, можуть відігравати роль у розвитку інфекційних процесів. Відомо, що *S. aureus* є умовно-патогенним мікроорганізмом, здатним викликати тонзиліт, особливо за наявності сприятливих факторів, таких як імунodefіцит або порушення бар'єрної функції слизової оболонки.

У нашому дослідженні *S. aureus* був виявлений у 13 пацієнтів (27,66%), що узгоджується з даними іншим досліджень [5], які також вказують на його важливу роль у розвитку тонзиліту. Крім того, деякі дослідження свідчать, що *S. aureus* може бути другим за значущістю збудником після *S. pyogenes* у розвитку гострого тонзиліту.

Шкала Centor не показала статистично значущої ефективності для виявлення колонізації зіву *S. aureus* ($p > 0,74$). Золотистий стафілокок становить значну клінічну загрозу через здатність продукувати β -лактамази, що сприяють розвитку стійкості до антибіотиків β -лактамного ряду, знижуючи ефективність стандартної терапії та ускладнюючи лікування інфекцій. Однак вплив його на перебіг гострого тонзиліту вивчений недостатньо та потребує подальших досліджень.

Список літератури

1. Calderaro, A., Buttrini, M., Farina, B., Montecchini, S., De Conto, F., & Chezzi, C. (2022). Respiratory Tract Infections and Laboratory Diagnostic Methods: A Review with A Focus on Syndromic Panel-Based Assays. *Microorganisms*, 10(9), 1856. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091856>

2. Андерсон, Дж.; Патерек, Е. *Тонзиліт*; Видавництво StatPearls: Острів скарбів, Флорида, США, 2022 р. [[Google Scholar](#)]
3. Kutera-Chrobok K, Klekotka R, Symela-Kaspera J, Ślaska-Kaspera A, Dziubdziela W, Markowski J. Rola badań mikrobiologicznych w bakteryjnych zakażeniach górnych dróg oddechowych. *Pol Otorhino Rev.* (2021);10(3):13-18. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2592>.
4. Климнюк С. І., Ситник І. О., Широбоков В. П. Практична мікробіологія: навчальний посібник / за ред. В.П. Широбокова, С.І. Климнюка. Вінниця, 2018. 576 с.
5. Hayfaa Mahmood Fahad, Types of Aerobic Bacteria Isolated from Iraqi Patients with Acute Tonsillitis and their Susceptibility to Different Antibiotics, *J Pure Appl Microbiol.*, 2018; 12(4):1855-1859. <http://dx.doi.org/10.22207/JRAM.12.4.20>

УДК 631.5+635.615

**АГРОТЕХНІЧНІ ПРИЙОМИ ВИРОЩУВАННЯ
КАВУНА ЗВИЧАЙНОГО (*CITRULLUS LANATUS* (THUNB.)
MATSUM. ET NAKAI) В УМОВАХ ЗАХІДНИХ ОБЛАСТЕЙ
УКРАЇНИ**

Кравець М. Я., Грицак Л. Р.

Тернопільський національний педагогічний університету
імені Володимира Гнатюка

E-mail: kravets@chem-bio.com.ua; hrytsak1972@gmail.com

Кавун звичайний (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai) – основна баштанна культура, частка якої в загальній площі баштанних в Україні на сьогодні складає близько 75 %, або 51,3 тис. га. Основне виробництво кавунів до недавнього часу було зосереджене у господарствах двох зон – Степу і Лісостепу, питома вага у загальному виробництві складала відповідно – 73,2 та 25,8 % [3]. Проте, аналіз даних українських та закордонних дослідників показав, що за останні 30 років середня річна температура на материковій частині України підвищилася на 1,2 °С. Найбільше зростання спостерігалось взимку та літом: зима

стала теплішою на 1,4 °С, а літо – на 1,5 °С [1]. За даними Всесвітньої метеорологічної організації останні три роки стали найтеплішими в історії спостереження. Ці кліматичні зміни дозволяють вирощувати баштанні культури, зокрема, кавуна звичайного, у нехарактерних для них агрокліматичних зонах України. Окрім того, у Західному регіоні України переважають за площею сірі опідзолені ґрунти та чорнозем типовий [2], які за фізико-хімічні характеристики (щільність верхнього горизонту, водопроникність, кислотність водного розчину, поживний режим) відповідають едафічним потребам кавуна звичайного. Однак, успішність вирощування цієї агрокультури у нетипових агрокліматичних умовах залежить від її адаптивного потенціалу та агротехнічних прийомів. Тому, мета нашої роботи полягає у систематизації агротехнічних прийомів культивування кавуна звичайного (*C. lanátus* subsp. *vulgaris*), використання яких розширює можливості його вирощування в агроекологічних умовах Західного регіону.

З'ясовано, що особливості генотипу дикого виду кавуна дозволили вивести понад 100 нових сортів кавуна звичайного із широким діапазон екологічної пластичності до впливу абіотичних чинників.

Щеплення розсади кавуна на пляшковий гарбуз (*Lagenaria siceraria* Stanld) належить до методів, які використовуються для підвищення врожайності плодів та стійкості до біотичних та абіотичних стресів. Гарбуз належить до холодостійких рослин, тому прищеплення є ефективним прийомом підвищення холодостійкості розсади кавуна. Завдяки прищепленню коренева система у розсади може розвиватися навіть за температури ґрунту +5 °С. Щеплення на гарбузову підщепу змінює експресію генів і призводить до збільшення вмісту поліамінів, зміцнення системи антиоксидантного захисту, стабілізації мембрани і пом'якшення окиснювального стресу, викликаного холодом, а також покращує поглинання макро- та мікроелементів з ґрунтів. У листках прищепленої розсади збільшується вміст хлорофілу, знижується резистентність проростків до абіотичних стресів, підвищується фотохімічна активність і фотосинтетичний метаболізм. Вибір підщепи дозволяє цілеспрямовано впливати на вміст цукру, стійкість рослин до біотичного стресу, спричиненого

комахами- шкідниками і хворобами [4]. Тому, застосування цього методу дозволяє раніше висаджувати розсаду, прискорити інтенсивність росту кущів, швидше отримувати врожай і збільшити продуктивність рослин у двічі.

До ще одного агротехнічного прийому належить вирощування кавуна у промисловій культурі за використання розсадного способу. Перевага такого методу полягає в більш ранньому отриманні перших плодів порівняно з тими рослинами, які розвивалися з насіння у відкритому ґрунті. При розсадному способі висадки культура менше пошкоджується шкідниками та мікроорганізмами, що особливо актуально за вирощування у нових агрокліматичних умовах, у тому числі, й Західному регіоні України.

Значно підвищити якість розсади кавуна, у тому числі й прищепленої на гарбузі, можна завдяки оптимізації світлового режиму її вирощування. Для цього достатньо у теплиці, де підтримується середньодобова інтенсивність природного освітлення на рівні $340 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ в області фотосинтетично активної радіації, додатково розсаду по 12 год. щоденно упродовж 10 днів освітлювати змішаними світлодіодами з інтенсивністю світла $100 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, у складі якого кольори спектрів холодного білого, червоного та синього співвідносяться як 1:2:1. Таке додаткове доосвітлення рослин кавуна сприяє збільшенню у них біомаси і довжини коренів, лінійному зростанню чистої швидкості фотосинтезу, збільшенню вмісту розчинного цукру, крохмалю та білків порівняно із розсадою, що росла лише за природного освітлення [6].

Окрім цього, важливим агротехнічним прийомом, який дозволяє регулюватися ріст та продуктивність рослин кавуна в умовах водного дефіциту, є колонізація арбускулярною мікоризою (АМ). АМ покращує врожайність плодів і ефективність використання води рослинами кавуна звичайного, вирощеного в умовах водного стресу. У рослин кавуна, що ростуть в умовах достатнього зволоження, колонізація *Glomus versiforme* не змінює морфометричні параметри пагонів, порівняно з контрольною групою, однак значно покращує розвиток кореневої системи незалежно від вмісту вологи у ґрунті, збалансовує розподіл енергії між фотохімічними та

нефотохімічними процесами, що забезпечує високу фотосинтетичну активність і запобігає пошкодженню фотосинтетичного апарату; підвищує ефективну роботу антиоксидантної системи та покращує осморегуляцію. Усі ці кумулятивні ефекти симбіозу АМ зрештою підвищують посухостійкість розсади [5].

Отже, у нетипових для вирощування кавуна звичайного агрокліматичних зонах, адаптивний потенціал та врожайність його рослин можна значно підвищити за використання низки агротехнологічних прийомів, а саме: щеплення розсади кавуна на пляшковий гарбуз (*Lagenaria siceraria* Stanld); використання розсадного способу для створення промислових плантацій; додаткове доосвітлення розсади кавуна у період вирощування її в теплиці по 12 год. щоденно упродовж 10 днів освітлювати змішаними світлодіодами з інтенсивністю світла $100 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, у складі якого кольори спектрів холодного білого (пікова довжина хвилі при 452 і 561 нм), червоного (пікова довжина хвилі при 659 нм) та синього (пікова довжина хвилі при 452 нм) співвідносяться як 1:2:1; колонізація рослин арбускулярною мікоризою.

Список літератури

1. Летяк В. Літо восени і дощі взимку: як зміниться клімат України до 2100 року. Факти. 2021. 24 серп. URL: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/suspilstvo/20210824-lito-voseny-i-doshhi-vzymku-yak-zminytsya-klimat-ukrayiny-do-2100-roku/> (дата звернення: 24.08.2023).
2. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підруч.: в 2 ч. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. Ч. 2. 286 с.
3. Сорти кавуна та агротехнологія вирощування насіння: рекомендації / Яровий Г. І. та ін. Харків, 2006. 16 с.
4. Lu J., Cheng F., Huang Y., Bie Z. Grafting Watermelon Onto Pumpkin Increases Chilling Tolerance by Up Regulating Arginine Decarboxylase to Increase Putrescine Biosynthesis. *Front Plant Sci.* 2021. Vol. 12: 812396. DOI: 10.3389/fpls.2021.812396 (Last accessed: 14.07.2023).
5. Mo Y., Wang Y., Yang R., Zheng J., Liu C., Li H., Ma J., Zhang Y., Wei C., Zhang X. Regulation of Plant Growth, Photosynthesis, Antioxidation and Osmosis by an Arbuscular

- Mycorrhizal Fungus in Watermelon Seedlings under Well-Watered and Drought Conditions. *Front Plant Sci.* 2016. Vol. 7: 644. DOI: 10.3389/fpls.2016.00644 (Last accessed: 15.08.2023).
6. Wei H., Wang M., Jeong BR. Effect of Supplementary Lighting Duration on Growth and Activity of Antioxidant Enzymes in Grafted Watermelon Seedlings. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(3): 337. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030337> (Last accessed: 11.09.2023).

УДК 615.89:581.634

**ЗОЛОТОТИСЯЧНИК ЗВИЧАЙНИЙ (*CENTAURIUM ERYTHRAEA* RAFN.) – ЦІННИЙ ЛІКАРСЬКИЙ ВИД:
ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ**

**Кравченко Є. Я.¹, Ядчишин О. О.², Колісник Х. М.¹,
Дробик Н. М.¹**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
Тернопільська ЗОШ I-III ступенів №16 імені Володимира
Левицького

E-mail: kolisnikhristina32@gmail.com

На сьогоднішній день спостерігається тенденція щодо зростання асортименту лікарських засобів для лікування захворювань шлунково-кишкового тракту, нирок та сечовидільних шляхів, до складу якого входить золототисячника трава. Значний позитивний досвід використання препаратів на основі золототисячника трави для лікування хвороб нирок та сечовидільних шляхів запального генезу сприяє зростанню інтересу до цієї лікарської рослинної сировини (ЛРС). Встановлення основних біологічно активних речовин (БАР) золототисячника трави є актуальним питанням як для розширення сфери медичного застосування, так і для стандартизації вітчизняної ЛРС золототисячника трави [1].

До роду золототисячник (*Centaurium* L.) належить близько 20 видів, які зростають в Євразії, Північній і Південній Америці та Австралії. Одним із найпоширеніших видів є золототисячник звичайний (*Centaurium erythraea* Rafn.). Широкий спектр

фармакологічної дії цього виду обумовлює необхідність вивчення фітохімічного складу золототисячника звичайного, що в подальшому може бути використано для розробки лікарських засобів на основі рослинної сировини *C. erythraea* [3].

Враховуючи вище зазначене, метою нашої роботи було вивчення якісного та кількісного складу біологічно активних речовин у лікарській рослинній сировині золототисячника звичайного, а також визначення основних фармакологічних властивостей цього виду як потенційного засобу у фітотерапії.

Золототисячник звичайний — це трав'яниста рослина, яка широко використовується в народній та офіційній медицині завдяки вмісту фітохімічних речовин. Аналіз літературних джерел [1–3] свідчить про те, що золототисячника трава багата на різні класи БАР. Основними діючими речовинами, які зумовлюють фармакологічну активність золототисячника, є гіркоти – секоіридоїдні глікозиди (генціопікрозид – основний серед гірких іридоїдів, centaпікрин, свертіамарин, ерітаурин, генціофлавозид, сверозид і амарогентин), вміст яких становить близько 0,3–2,4 % [1]. Тому власне збирають сировину в липні–серпні місяці, саме в цей період відбувається максимальне накопичення секоіридоїдних глікозидів.

Трава золототисячника містить також алкалоїди піридинового типу (0,6–1%) (переважно генціанін), тритерпеноїди (α - і β -амірин, ерітродіол, олеанолова кислота), фітостерини та ефірну олію, слиз, флавоноїди (апіїн, лютеолін, космозеїн, апігенін, скутеляреїн, рутин, астрагалін, кверцимеритрин, кемпферол, кверцетин, хризоеріол та інші), дубильні речовини і барвники, солі органічних кислот, смоли, віск. У свіжій траві є аскорбінова кислота та каротиноїди, але при сушінні вони майже повністю руйнуються [2, 3]. На сьогоднішній день доведені антиоксидантні, протизапальні, адаптогенні властивості фенольних сполук рослинного походження та їх здатність підвищувати міцність капілярів [4].

Рослина містить велику кількість біологічно активних речовин, що стимулюють секрецію залоз травного каналу, підвищують жовчовиділення, посилюють скорочення м'язів матки, проявляють протизапальну, знеболювальну, слабку проносну дію та антиоксидантну активність. Для ідентифікації та

кількісного визначення БАР у лікарській рослинній сировині золототисячника використовується як основний метод високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ) з мас-спектрометричним детектуванням [4]. Вченими за результатами експериментальних досліджень та ВЕРХ встановлено якісний склад двох видів ЛРС та ідентифіковано близько 30 БАР секоїридоїдних глікозидів та фенольних сполук. Проте залишається невизначеним вміст БАР в ЛРС в залежності від різних місць зростання.

Отже, вид *C. erythraea* є перспективною лікарською сировиною, яка має значний потенціал для використання у фітотерапії. При цьому необхідне подальше фармакологічне вивчення золототисячника та впровадження у фармацевтичну практику.

Список літератури

1. Безкоровайна О. І., Терещенкова І. І. Лікарські трави в медицині: монографія. Х.: Факт, 2002. С. 98–100.
2. Кобзар А. Я. Фармакогнозія в медицині / А. Я. Кобзар /Золототисячник звичайний. К.: Вид-во «Медицина», 2007. С. 184–186.
3. Проскурова Я. О. Актуальні питання щодо розробки монографії «Трава золототисячника» до Державної фармакопеї України. *Управління, економіка та забезпечення якості в фармацевтиці*. 2015. № 2 (40). С. 28-31.
4. Проскурова Я. О., Губар С. М., Георгіянц В. А. Визначення якісного складу біологічно активних сполук сировини золототисячника звичайного (*Centaurium erythraea* Rafn.) та золототисячника гарного (*Centaurium pulchellum* (Sw.) Druce) трави методом хромато-мас-спектрометрії. *Управління, економіка та забезпечення якості в фармацевтиці*, № 3 (51) 2017; <https://doi.org/10.24959/uekj.17.27>
5. Canini A., Alesiani D., D'Arcangelo G. Gas chromatography – mass spectrometry analysis of phenolic compounds from *Carica papaya* L. Leaf. *J. of Food Composition and Analysis*. 2007. Vol. 20, Issue 7. P. 584–590. doi: 10.1016/j.jfca.2007.03.009

**МАГОНІЯ ПАДУБОЛИСТА - ПЕРСПЕКТИВНА
ЛІКАРСЬКА РОСЛИНА**

**Марчишин С. М., Ластовиченко Є. А., Джуренко Н. І.,
Слободянюк Л. В., Будняк Л. І.**

Тернопільський національний медичний університет
імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України
Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України

E-mail: svitlnafarm@ukr.net

Магонія падуболиста (лат. *Mahonia aquifolium*, синонім *Berberis aquifolium*) – рослина роду Магонія (*Mahonia*) родини барбарисові (*Berberidaceae*). Рід Магонія включає близько 50 видів. Найпоширенішим видом є *Mahonia aquifolium*, яка походить із західної частини Північної Америки. До Європи магонія падуболиста була завезена з декоративною метою близько 180 років тому [1]. Лікувальні властивості рослин роду Магонія використовуються в традиційній і доказовій медицині. За даними джерел літератури, біологічно активні речовини магонії падуболистої проявляють антиоксидантну, протизапальну, гіпоглікемічну, гіпотензивну, гіполіпідемічну, протимікробну, противірусну, протидіарейну, жарознижувальну та протизапальну активність [2, 3].

Метою нашого дослідження було визначення кількісного вмісту біологічно активних речовин фенольної природи у сировині магонії падуболистої.

Матеріалом для досліджень були листки, корені і плоди магонії падуболистої, заготовлені на дослідних ділянках Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (м. Київ) у 2024 році.

Кількісний вміст суми флавоноїдів визначали спектрофотометричним методом на спектрофотометрі UV-1800 Shimadzu (Japan) у перерахунку на рутин за довжини хвилі 415 нм, суми гідроксикоричних кислот – у перерахунку на хлорогенову кислоту за довжини хвилі 327 нм, поліфенолів і танінів – у перерахунку на пірогалол за довжини хвилі 760 нм за методикою ДФУ [4].

Було встановлено, що досліджувана сировина магонії падуболистої містить значну кількість сполук фенольної природи. Найбільший сумарний вміст фенольних сполук спостерігали у листках: поліфенолів – $6,70 \pm 0,11$ %, гідроксикоричних кислот – $3,98 \pm 0,02$ %, флавоноїдів – $2,35 \pm 0,01$ %, танінів – $1,67 \pm 0,01$ %; дещо менший у плодах: поліфенолів – $5,54 \pm 0,05$ %, флавоноїдів – $3,85 \pm 0,05$ %, гідроксикоричних кислот – $1,60 \pm 0,01$ %, танінів – $1,64 \pm 0,01$ %. Найменше фенольних сполук у коренях. Сумарний вміст поліфенолів у коренях становив $4,29 \pm 0,12$ %, флавоноїдів – $1,83 \pm 0,02$ %, танінів – $1,25 \pm 0,01$ %. Найменше у коренях магонії падуболистої містить гідроксикоричних кислот, вміст яких становив $0,95 \pm 0,01$ %.

Аналізуючи вищенаведені результати, вважаємо, що подальші фармакогностичні та фармакологічні дослідження магонії падуболистої є актуальними, а сировина даного виду є перспективною для створення нових вітчизняних лікарських засобів.

Список літератури

1. Gunduz K. Morphological and phytochemical properties of *Mahonia aquifolium* from Turkey. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2013. Vol. 50(3). P. 439-443.
2. Morphological and biochemical characteristics of plant parts *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. and some physical indicators of its extracts in activated water / V. H. Sedláčková, J. Brindza. P. Maliniaková et al. *Agrobiodivers Improv Nutr Health Life Qual*. 2022. Vol. 6. P. 103-116.
3. *Mahonia* species (*M. jaunsarensis* Ahrendt, *M. nepalensis* DC, *M. aquifolium* Nutt, *M. acanthifolia* Don, *M. borealis* Takeda, *M. oiwakensis* Hayata and *M. leschenaultii* Takeda) / A. Bisht, S. K. Singh, A. Bahukhandi et al. In *Himalayan Fruits and Berries*. 2023. P. 241-250.
4. Державна Фармакопея України : в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид., Т. 1. Х.: Держ. п-во «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. 1128 с.

ТРАВ'ЯНИСТІ МЕДОНОСИ ТА ПИЛКОНОСИ ТЕРИТОРІЇ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Мацюк О. Б.¹, Герц Н. В.¹, Базилюк М. Л.¹, Амброзюк О. Б.²

¹Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка»

²ПФНЗ «Медичний коледж»

E-mail: macjuk@chem-bio.com.ua

На планеті налічується понад 150 000 видів квіткових рослин. Українська флора налічує близько 5 000 таких видів, з них 1 000 використовуються бджолами, як джерела нектару та пилку, з яких лише 450 є важливими для бджіл. Нектароносні рослини в Україні належать до 74 родин [1].

Всі медоносні рослини поділяють на чотири групи: нектаропилконосні, з яких бджоли беруть в основному нектар і меншою мірою пилок (малина, акація біла); рослини, з яких бджоли однаково добре беруть нектар і пилок (яблуня домашня, гречка їстівна, конюшина біла тощо); пилконосно-нектароносні рослини, з яких бджоли беруть головним чином пилок і меншою мірою нектар (кульбаба лікарська, шипшина собача, горобина звичайна тощо); власне пилконоси – рослини, з яких бджоли беруть тільки пилок (береза пухнаста, тополя біла, звіробій звичайний, кукурудза звичайна тощо) [2].

Кількість видів природних медоносів у вісім разів перевищує кількість видів культурних рослин. Більшість з них – трав'янисті рослини (70,2%), дерева становлять 16,1%, чагарники – 10,7%, напівчагарники та ліани – 3%.

Для кожної зони характерний певний тип продуктивного медозбору, який залежить головним чином від природних умов. Для лісостепової зони характерний лісопшеничний та гречано-соняшниковий медозбір. Оскільки медоносна рослинність є одним з основних природних кормових ресурсів для бджіл, її детальне вивчення має важливе значення для бджільництва [1].

Найперспективнішими медоносними рослинами, що вирощуються в досліджуваному регіоні, є гречка їстівна, ріпак, гірчиця біла, соняшник, фацелія.

На оброблюваних землях зростає велика кількість культурних медоносів, а також нектароносних бур'янів. Кількість нектароносних бур'янів значно перевищує кількість культурних рослин і налічує близько 72 видів. На їх поширення впливають існуючі екологічні умови та розміщення ярих, озимих і культурних рослин у сівозміні. У посівах озимих, ярих і просапних культур, залежно від типу ґрунту, поширені кілька агротипів полісу, але кількість медоносів у них залишається практично однаковою і коливається від 2 до 9 видів (осот жовтий, осот щетинистий). Найбільш поширеними є волошка синя (*Centaurea cyanus* (All.) Dost.), конюшина біла (*Trifolium repens* L.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Wigg), буркун білий (*Melilotus albus* Dest.), буркун жовтий (*Melilotus officinalis* (L.) Pall).

Таким чином, багатство нектароносної флори зумовлене комплексом природно-кліматичних умов, пов'язаних з розташуванням досліджуваної території.

За медоносною цінністю та медопродуктивністю більше половини видів медоносів належать до групи цінних та високоякісних медоносів. Видовий склад медоносів досліджуваної території дозволяє розширити мережу пасік з урахуванням фенології розвитку та біологічних, морфологічних і функціональних особливостей рослин.

Список літератури

1. Боднарчук Л. І. Атлас медоносних рослин України. ред. Н.М. Некрут; фотоіл. В. А. Соломахи. Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. Київ: Вид-во "Урожай", 2009. 269 с.
2. Трав'янисті медоноси та пилконоси України (весняні) / [В. К. Балабушка, М. П. Балабушка, Л. В. Ібрагім та Ін.]. К.: Дім, сад, город, 2010. 76 с.

**МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАСІННЯ
ІНТРОДУКОВАНИХ КВІТНИКОВО-ДЕКОРАТИВНИХ
РОСЛИН ВИДІВ РОДУ *VERBENA* L.**

Машковська С. П., Горай Г. О.

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України
E-mail: mashkovska@ukr.net

Морфоструктура насіння як одиниці рослин, що має стабільні характеристики, може бути одним із важливих для систематики ознак. В систематиці морфологічні ознаки насіння, такі як розмір, форма, характер поверхні та забарвлення, текстура поверхні і скульптура насінної шкірки, наявність і форма різного роду придаків, використовуються як додаткові діагностичні критерії [4].

У роботі представлено опис насіння 12 інтродукованих видів роду *Verbena*: *V. bonariensis*, *V. canadensis*, *V. hastata*, *V. hybrida*, *V. magdougallii*, *V. rigida*, *V. serticifolia*, *V. stricta*, *V. tenuisecta*, *V. tenera*, *V. urticifolia*. Для оцінки подібності чи відмінності морфології насіння ми використовували наступні 6 ознак: форма насіння, розміри, колір, тип поверхні, маса 1000 насінин.

Морфологічну характеристику насіння складали за результатами оптико-візуального обстеження з використанням класифікації З.Т. Артюшенко [1] та ілюстрованого довідника [3]. Крім того, в основу опису морфології насіння покладені схеми розроблені І. А. Івановою і Н. М. Дудік [2]. Лінійні параметри насіння (довжину, ширину) вимірювали з допомогою штангенциркуля з точністю до 0,01 мм. Масу 1000 шт. насінин визначали за методикою С. С. Лішук [5]. Цифровий матеріал опрацьовували методами варіаційної статистики. Статистичні помилки коливались у межах 5%.

За формою насіння досліджуваних видів представлено двома типами: пряме коротке (*V. bonariensis*, *V. hastata*, *V. macdongalii*, *V. rigida*), непряме продовгувате (*V. canadensis*, *V. hybrida*, *V. serticifolia*, *V. stricta*, *V. tenuisecta*, *V. tenera*, *V. urticifolia*).

Насінню цих видів властиве забарвлення чотирьох відтінків, а саме коричневе (*V. bonariensis*, *V. macdongalii*, *V. rigida*), буро-коричневе (*V. hastata*, *V. rigida*), жовтувато-коричневе (*V. canadensis*, *V. tenera*, *V. hybrida*, *V. serticifolia*), зеленувато-коричневе (*V. tenuisecta*, *V. urticifolia*) забарвлення.

Насіння усіх досліджуваних видів роду *Verbena* голе, без опушення, без додаткових придатків. У більшості – морщинисте, поверхня ямчаста, борозенчаста.

Аналіз маси 1000 насінин, яка залежить в основному від щільності тканин зародка, дозволив за цим показником розділити досліджувані види на три вагові категорії:

1) вагою менше 0,5 г: *V. bonariensis* (0,24), *V. magdougalii* (0,47), *V. stricta* (0,49);

2) вагою від 0,5 до 1 г: *V. urticifolia* (0,5), *V. rigida* (0,68), *V. serticifolia* (0,81), *V. tenuisecta* (0,83), *V. canadensis* (0,85);

3) вагою 1-2 г: *V. hastata* (1,25), *V. tenera* (1,19), *V. hybrida* (1,81).

Дані морфометричних досліджень показали, що варіабельність насіння досліджуваних видів по довжині становить від 1,5 (*V. bonariensis*, *V. urticifolia*) до 4,2 мм (*V. hybrida*), тоді як по ширині та товщині в 3,8-4,7 разів менше, і становить від 0,4 (*V. bonariensis*) до 0,9 мм (*V. serticifolia*). При чому, числові значення товщини і ширини насіння у досліджуваних виглядів однакове, так як насіння округле на поперечному перерізі.

За розмірами нами виділено три категорії насіння: дуже дрібне (довжина менше 2 мм), дрібне (довжиною від 2 до 4 мм) та середніх розмірів (довжиною більше 4 мм). Дуже дрібне насіння характерне для 4 видів (*V. bonariensis*, *V. hastata*, *V. rigida*, *V. urticifolia*). Найкрупніше насіння, що віднесено до категорії насіння середнього розміру за довжиною властиве виду *V. hybrida* (довжина 4,2–4,5 мм). Насіння усіх інших досліджуваних видів належать до категорії дрібного за розмірами.

Представлені морфологічні особливості насіння видів роду *Verbena* L. розширюють уявлення про морфологію цих рослин цілому та їхнього насіння, зокрема. Результати роботи можуть бути використані в систематиці та філогенії, при складанні політомічних ключів для ідентифікації насіння окремих видів

роду. Морфометричні параметри насіння необхідно враховувати для розробки технологій вирощування рослин досліджуваних видів.

Список літератури

1. Артюшенко З. Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Семя. Л.: Наука, 1990. 204 с
2. Иванова И.А., Дудик Н.М. К методике описания морфологических признаков семян. *Составление определителей по плодам и семенам*. Киев: Наук. думка, 1974. – С. 43 – 54.
3. Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин. Навчально-методичний посібник / С. М. Зиман та ін. Ужгород: Медіум, 2004. 156 с.
4. Лавриненко В. А. Морфологія і посевні якості насіння видів роду *Lonicera* L. *Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. Інтродукція і збереження рослинного різноманіття*. 2012. Вип. 30. С.24 – 26.
5. Лишук С. С. Методика определения массы семян. *Ботанический журнал*. 1991. Т. 76, № 11. С. 57 – 61.

УДК 635.652:631.879.4

**ВПЛИВ РЕКУЛЬТИВАНТУ КОМПОЗИЦІЙНОГО
TREVITAN® НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПЛОДІВ ПЕРЦЮ
ОДНОРІЧНОГО (*CAPSICUM ANNUUM* L.)**

**Москалюк Н. В., Кравець М. Я., Прокопів І. Б., Явна В. В.,
Мальована Л. П.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: natalen29@gmail.com

Овочівництво є важливою галуззю сільського господарства як у світі, так і в Україні. Західний Лісостеп України, завдяки своїм сприятливим кліматичним умовам і великим площам родючих земель, виступає важливою зоною для вирощування високоякісних овочів. Європейський Союз пропонує два підходи до сільського господарства: інтегроване виробництво, що

передбачає збалансоване застосування мінеральних добрив та засобів захисту рослин, або ж повністю природне органічне виробництво [2]. Використання органічних добрив є надзвичайно важливим для здоров'я ґрунту, рослин та екосистеми в цілому. На відміну від мінеральних добрив, які часто мають швидку, але короткочасну дію та можуть негативно впливати на ґрунт і довкілля, органічні добрива діють поступово та комплексно. Одним із сучасних органічних добрив є композиційний рекультивант TREVITAN® (PKT) [1–2].

Серед овочевих культур, які входять до раціону людини, перець однорічний (*Capsicum annuum* L.) займає одне з провідних місць, оскільки його плоди мають не тільки високі смакові, дієтичні й харчові властивості, а також відрізняються великим вмістом вітамінів А, Е, Р, РР, В1, В2. Спеціалісти в області харчування стверджують, що перець солодкий заслуговує одразу три золоті медалі: за вміст вітаміну С, каротину і вітаміну Р.

Метою дослідження було вивчити вплив рекультиванту композиційного TREVITAN® на якісні показники у плодах перцю солодкого гібриду Геркулес в умовах Тернопільської області.

Рекультивант композиційний TREVITAN® – це органічний препарат, розроблений ТОВ «ТРЕВІТАН УКРАЇНА» відповідно до ТУ У 20.1-44141048-002:2021. Призначений для використання в сільському господарстві з метою: регенерації ґрунту, обробки насіння та посадкового матеріалу, прискорення росту та розвитку сільськогосподарських культур. Згідно з ГОСТ 12.1.007, цей препарат належить до IV класу небезпеки, тобто є малонебезпечним. Маючи органічне походження, він рекомендований для сільськогосподарського застосування у трьох основних напрямках: швидке відновлення ґрунту, обробка насіння та посадкового матеріалу, а також стимуляція росту й розвитку різних сільськогосподарських культур. Препарат зареєстрований в Державній санітарно-епідеміологічній службі України (Висновок... № 12.2-18-1/6845 від 02.04.2021 р.) [1]. Його склад включає органічні речовини (55,0–75,0% на суху речовину), гумінові органічні речовини (2,0–7,0%), екстракт фульвових речовин (0,8–3,0%), а також такі елементи, як нітроген (0,1–0,7%), фосфор (0,01–0,5%), калій (0,2–0,9%) та водорозчинні

солі кальцію, магнію, заліза, марганцю, цинку, міді, кобальту (0,3–1,0%). Показник рН розчину РКТ коливається в межах 8,0–10,9 [2].

Польові досліди закладали на ділянці агробіологаторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ) на чорноземі типовому малогумусному із важкосуглинистим механічним складом у двох варіантах та чотирьох повтореннях у 2024 році. Кліматичні умови вегетаційного періоду загалом сприяли оптимальному росту і розвитку перцю однорічного. Матеріалом дослідження слугував перець однорічний гібриду Геркулес F1 (виведений спеціалістами компанії Clause (Франція)) (*Capsicum annuum* L.) та рекультивант композиційний TREVITAN®. Гібрид перцю однорічного є середньораннім перцем блочного типу, кубовидної форми, для вирощування на відкритому і закритому ґрунті.

Перець вирощували розсадним способом. Розсаду вирощували у теплиці, висаджували у відкритий ґрунт у третій декаді травня. Площа облікової ділянки складала 20 м погонних, а кількість облікових рослин становила 48 штук. У варіанті Контроль розсада рослин, під час вегетації не оброблялись препаратами, а у варіанті Дослід застосовувався РКТ насіння і TREVITAN® ґрунт перед посадкою. Розсаду перед висадкою замочували на пів години, при дозуванні 1 мл TREVITAN® насіння додавали до 1 л води, також після висадки обприскали ґрунт TREVITAN® ґрунт з розрахунку 5 мл на 10 л води. Рослини перцю обробляли препаратом двічі впродовж вегетації: перший – під час висаджування розсади на постійне місце вегетації, наступний – через 15 діб після попереднього внесення препарату.

Плоди збирали вручну в міру їх досягання. Кількість плодів на рослині визначали математичним підрахунком, їх масу – шляхом зважування на електронних вагах у лабораторії фізіології рослин і мікробіології ТНПУ. Результати експериментальних досліджень оброблено методом варіаційної статистики з використанням критерію Стюдента [3]. Обробка статистичних даних здійснювалась за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Розмір плоду перцю є важливим фактором, що впливає не тільки на його зовнішній вигляд, а й на товарність, привабливість

для покупців та, як наслідок, на його ціну при продажу, яку часто визначають візуально. Виявлено, при вирощуванні перцю найбільшу кількість плодів на одній рослині отримано у співвідношенні контроль - $3,46 \pm 0,21$ шт., а за дії препарату - $4,01 \pm 0,23$ шт. Маса плодів досліджуваного гібриду носить змінний характер та коливається від $195,21 \pm 11,57$ г (контроль) до $256,12 \pm 9,41$ г (дослід), плоди з найбільшою масою були виявлені у варіанті із застосуванням препарату і становили - 293 г. Діаметр плода дослідного варіанту становив $8,23 \pm 1,56$ см і перевищував діаметр плода контрольного варіанту ($8,12 \pm 1,0$ см), приріст +1,2%. Висота плодів приріст на 8,1% у плодів рослин дослідного варіанту.

Окремо визначалася кількість здорових і пошкоджених (хворих) плодів, що показало кількість здорових плодів у дослідних рослин більша на 41,9% відносно контрольних. Проаналізовано вплив РКТ на вміст пігментів у плодах перцю і виявлено, що за дії препарату вміст каротину становить $3,56 \pm 0,41$ мг/100 г (контроль - $2,51 \pm 0,11$), вміст лікопіну - $3,21 \pm 0,22$ мг/100 г (контроль - $2,42 \pm 0,31$), що підтверджує дію препарату. Лікопін - це потужний природний пігмент, який надає багатьом овочам і фруктам яскраво-червоного кольору і має важливі показники для здоров'я людини.

Підвищення продуктивності відбувається внаслідок більшої кількості плодів на рослині та вищої їх маси. Аналізуючи динаміку досягання плодів варто зазначити, що пік спостерігали у кінці серпні, дещо менше надходження продукції було у вересні. На цей показник впливали генетичні особливості гібрида, кліматичні умови та технологія вирощування.

Отже, використання РКТ позитивно впливає на формування урожайності перцю солодкого гібриду Геркулес у ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області.

Список літератури

1. Дзендзель А. Ю., Пида С. В. Вплив рекультиванту композиційного TREVITAN® на посівні якості насіння та ростові процеси проростків пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.). *ACTA CARPATHICA*. Дрогобич : Гельветика, 2024. № 1 (41). С. 68-77. DOI : <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2024.1.8>

2. Дзендзель А. Ю., Пида С. В. Вплив рекультиванту композиційного Trevitan™ на продуктивність та якісний склад плодів помідора їстівного (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Екологічні науки*. 2022. Вип. 4 (43). С. 107–112.
3. Мельниченко О. П., Якименко І. Л., Шевченко Р. Л. Статистична обробка експериментальних даних: навчальний посібник. Біла Церква, 2006. 34 с.

УДК 502;504;582.54;595.7

ГІДРОЛІЗАТИ З ЛИЧИНОК ЯК ПОТЕНЦІЙНІ СТИМУЛЯТОРИ РОСТУ КУКУРУДЗИ

Нужина Н.В., Ніколаюк А.О., Ракша Н.Г.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

E-mail: nuzhynan@gmail.com

У контексті глобальних викликів, пов'язаних із виснаженням природних ресурсів, зміною клімату та необхідністю зменшення застосування хімічних добрив, аграрний сектор активно шукає альтернативні, екологічно безпечні засоби для стимулювання росту рослин та/чи підвищення їх стійкості до стресових факторів, таких як посуха або коливання температури. Одним із перспективних напрямів може бути використання біостимуляторів [1], отриманих шляхом переробки органічних відходів, що дозволяє одночасно утилізувати біологічні рештки та підвищити ефективність аграрного виробництва, зменшуючи залежність від хімічних засобів. Біомаса комах, зокрема личинок, є багатим джерелом білка, який після гідролізу перетворюється на доступні для рослин форми з потенційною біологічною активністю [2,3]. Слід зазначити, що ефективність таких засобів залежить від типу сировини, способу її обробки, концентрації та умов застосування. Тому актуальним є не лише пошук джерел для отримання функціональних біостимуляторів, а й оптимізація параметрів процесу отримання гідролізатів з урахуванням особливостей сировини. У цьому дослідженні було оцінено вплив гідролізатів з трьох типів личинок – зофобаса *Zophobas morio*, львинки чорної *Hermetia illucens* та хрущака борошняного *Tenebrio molitor* на проростання та ріст кукурудзи звичайної (*Zea*

tays L.) за різних температурних умов.

Для отримання гідролізатів до біомаси личинок додавали дистильовану воду з розрахунку 1:1 по масі і гомогенізували використовуючи блендер, до отриманих гомогенатів додавали піросульфід натрію (16 г на кг маси гомогенату), залишали на 24 год при +40 °С, після чого додавали рівну кількість води і залишали ще на 12 год за вказаного температурного режиму. Після фільтрування отримані гідролізати (надалі №1 – гідролізат зофобаса; №2 – гідролізат личинок львинки чорної; №3 – гідролізат личинок хрущака борошняного) використовували для подальших досліджень. Для дослідження використовували насіння кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.). З метою покращення відбору та проростання насіння кукурудзи було замочено у воді протягом 12 год перед висаджуванням. Замочування допомагає розм'якшити насінневу оболонку, що полегшує проникнення води та кисню, які необхідні для проростання. Це допомагає швидше та однорідніше проростати насінню, а також дозволяє виявити та усунути нежиттєздатне насіння. Відбирали візуально якісне виповнене насіння, з цілісними насінневими оболонками та приблизно однаковими розмірами. Обробку насіння фунгіцидами не проводили, щоб уникнути можливої взаємодії різних діючих речовин. Перед висіванням насіння обробляли одноразово протягом 1 год гідролізатами №1, 2, 3 в концентраціях 0,2% та 1%. Контрольну групу залишали на цю годину у воді. Насіння пророщували на фільтрувальному папері в чашках Петрі. У кожній дослідній групі було висаджено по 10 насінин кукурудзи у чотирьох повторностях. Рослини вирощували за різних температурних умов: 1) з денною температурою +25 °С та нічною +20 °С, що наближено до оптимальних умов висаджування в ґрунт насіння (тепло) та денною +15 °С та нічною +10 °С (холод). Проводили визначення ефективності дії гідролізатів №1, 2 і 3 на проростання та ріст кукурудзи. Щоденно фіксували проростання насіння протягом 5 діб після його посіву. Ріст проростків вимірювали на 6 добу, після проростання всього життєздатного насіння. Визначали відсоток схожості насіння на 5 день пророщування, коли проросли останні окремі насінини, пізніше насіння вже не проростало.

Насіння в усіх групах ранньостиглої кукурудзи за теплих умов почало проростати на першу добу після висівання, більшість насіння проросла на другу добу, особливо в групах 1% гідролізату №2, 0,2% гідролізату №1 та 0,2% гідролізату №3. Після третьої доби майже у всіх групах спостерігалась 100 % проростання і нове насіння вже не проростало. Достовірно групи не відрізнялись між собою.

Проростання кукурудзи за прохолодних умов відбувалось менш синхронно. Почало перше насіння проростати на другий день. І саме в цей день спостерігався достовірно більший відсоток схожості після обробки насіння 1 % гідролізатом №2 і 0,2% гідролізатом №1, порівняно з обробкою 1% гідролізатів №1 і №3 на другий день пророщування. До п'ятої доби всі групи мали подібні високі показники схожості насіння.

Розміри довжини кукурудзи не показали відмінностей за прохолодних умов пророщування, але показали у 1,5 рази більшу довжину проростків після обробки гідролізатом 0,2 №1, порівняно з контролем, за теплих умов пророщування. Також у групах з обробкою насіння 1 % гідролізатами №3 та №1 достовірно менші були проростки, ніж в контрольній групі за теплих умов та була тенденція до зниження росту в цих групах за прохолодних умов. Показник Індексу енергії проростків кукурудзи на 5 добу підтвердив значне стимулювання гідролізатом 0,2 №1 проростання та росту насіння кукурудзи та певне пригнічення гідролізатами №3 та №1 у концентрації 1%, що вказує на інгібуючу дію більш високих концентрацій гідролізатів.

Отже, було виявлено стимулюючу дію гідролізату №1 в концентрації 0,2% на кукурудзу. Зокрема спостерігалось пришвидшення проростання насіння за обох температурних умов, а також стимулювався ріст проростків в 1,5 рази за теплих умовах пророщування. Отримані результати дозволяють розглядати гідролізат з зофобаса *Zophobas morio*, як можливий біостимулятор для рослин та закладають підґрунтя для розробки екологічно безпечних продуктів із відходів, що мають практичне значення для сталого сільського господарства.

Список літератури

1. Roupael Y., Colla G. Biostimulants in agriculture. *Front*

- Plant Sci.* 2020. Vol. 11. 40.
2. Ronga D., Gallotta A., Rey F., Cardarelli M., Colla G., Bonasia A., Giannino D. Protein hydrolysates from black soldier fly as a biostimulant: Effects on lettuce growth and nitrogen use efficiency. *Agronomy*. 2023. Vol. 13(4). 1063.
 3. Chia S. Y., Tanga C. M., Osuga I. M., Alaru A. O., Mwangi D.M., Githinji M., Subramanian S., Ekesi S., Van Loon J.J.A. Insect frass and exuviae derived products from Black Soldier Fly farming have potential as biofertilizers and soil ameliorants. *Front Sustain Food Syst.* 2021. Vol. 5. 735958.

УДК 581.112:631.8]633.3

**ПАРАМЕТРИ ВОДООБМІНУ ЛИСТКІВ *FABA VONA*
MEDIC. ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ**

Пида С. В., Опацький І. І., Мацюк О. Б.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

e-mail: spyda@ukr.net

Інокуляція насіння бобових культур мікробними препаратами суттєво впливає на фізіолого-біохімічні процеси рослин: вони характеризуються вищими біометричними показниками, високим ступенем метаболічних процесів, зокрема, фотосинтезу та азотфіксації, підвищеною резистентністю до фітопатогенів, що суттєво позначається на формуванні насінневої продуктивності [3]. Високопродуктивною продовольчою і кормовою культурою є боби. Вони утворюють симбіотичні взаємовідносини з бульбочковими бактеріями виду *Rhizobium leguminosarum* і засвоюють з атмосфери за вегетаційний період шляхом азотфіксації до 140 кг/га молекулярного азоту [2, 3].

Фізіологічні процеси у рослин, зокрема ріст, розвиток, мінеральне живлення, фотосинтез, водний режим та ін., тісно взаємопов'язані [5]. Якщо транспіраційні витрати надземних органів рослини перевищують обсяги надходження води до їх кореневих систем, то це негативно впливає на процеси життєдіяльності і зокрема спричиняє водний дефіцит в тканинах та в'янення листків, гальмування процесів росту, зниження

інтенсивності та продуктивності фотосинтезу, порушення метаболічних процесів, що може призвести не тільки до зниження продуктивності формування зеленої маси і насіння, а й до загибелі рослин [1]. У літературі обмежена інформація стосовно ефективності застосування мікробних препаратів за показниками водного режиму рослин бобів.

Метою роботи було встановити вплив мікробних препаратів Ризобіфіт та Ризогумін на параметри водообміну листків бобів (*Faba bona* Medic.) сорту Хоростківські за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Польові досліді закладали у трьох варіантах та трьох повтореннях на ділянках агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Насіння бобів варіанту контроль за одну годину перед сівбою зволожували водою з розрахунку 2 % від його маси, а дослідні – мікробіологічними препаратами Ризобіфітом (торф'яна форма) та Ризогуміном (рідка форма) під боби згідно норм виробника. Технологія вирощування бобів типова для Лісостепу України: норма висіву становить 0,4 млн. шт./га, ширина міжрядь 45 см, глибина сівби – 3-4 см, строк сівби – третя декада квітня [3]. Мікробіологічні препарати отримали в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (м. Чернігів), насіння – із Подільської дослідної станції Тернопільського інституту агропромислового виробництва НААН України (м. Хоростків). У фазі цвітіння визначали водоутримуючу здатність листків за А. Арландом та їх водний дефіцит у лабораторії фізіології рослин і мікробіології [1].

Боби – дуже вологолюбна культура, особливо вимагає достатнього водозабезпечення в період появи сходів – цвітіння. Для проростання насіння потребує 110-120% води від своєї маси. Коли у ґрунті доступної для рослин води мало, то боби погано ростуть, можуть скидати листки і знижувати урожайність [3].

Водообмінні процеси рослин бобів можна охарактеризувати таким важливим параметром, як водоутримуюча здатність їх листків, тобто властивість тканин асиміляційної паренхіми утримувати в собі воду. За максимального наповнення

стовпчастих і губчастих клітин водою, спостерігається низька здатність тканин паренхіми листка до утримування цієї води, за зниження кількості вільної води водоутримуюча здатність стрімко зростає [1].

Встановлено, що на показники водоутримуючої здатності листків впливає обробка насіння бобів перед сівбою мікробними препаратами Ризогумін та Ризобофіт. У фазі цвітіння бутонізації через 4, 6 та 24 год. листки дослідних варіантів повільніше втрачали воду на 23,6, 43,5 та 30,3 % (Ризобофіт), 32,4, 36,9 та 31,2 % (Ризогумін) порівнюючи з контролем і ці дані є статистично вірогідними. За кількістю втраченої води через 2 год листки контрольних та дослідних суттєво не відрізнялися. За впливу Ризобофіту через 4 год в'янення листки бобів з меншою силою утримували воду порівнюючи з варіантом Ризогумін, через 6 год в'янення – навпаки. Через 24 год в'янення листки бобів обох дослідних варіантів за параметрами водоутримуючої здатності суттєво не відрізнялися між собою.

Водний дефіцит – параметр, який показує нестачу води в клітинах мезофілу листка, що виникає у результаті інтенсивного випаровування її або недостатньому поглинанні з ґрунту, визначається як відсоток реального насичення водою від повного насичення вологою клітин паренхіми листка [1].

Дослідження показали, що за передпосівної обробки насіння бобів мікробними препаратами у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу параметри водного дефіциту листків під час цвітіння рослин бобів знижуються. За впливу Ризогуміну водний дефіцит листків бобів знизився на 15,1 % порівнюючи з контролем, а за обробки насіння перед сівбою Ризобофітом – 18,2 %.

Отже, обробка насіння перед сівбою мікробними препаратами Ризобофіт та Ризогумін суттєво впливає на водообмінні процеси тканин мезофілу листків рослин бобів сорту Хоростківські у фазі цвітіння, зокрема підвищується водоутримуюча здатність колоїдів цитоплазми клітин паренхіми та знижується їх водний дефіцит.

Список літератури

1. Векірчик К. М. Фізіологія рослин. Практикум. Київ : Вища школа. Головне видавництво, 1984. 240 с.

2. Осадець Я. Вівчарик В. Кормові боби – цінна кормова культура. *Пропозиція*. 2002. №11. С. 45–47.
3. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-е вид., виправ., доповн. Львів : НВФ Українські технології, 2020. 806 с.
4. Пида С. В., Чернік І. В., Москалюк Н. В., Мацюк О. Б., Гончар Ю. О. Вплив мікробних препаратів на показники водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.). / *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2023*. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю від дня народження відомої вченої-ботаніка к.б.н., доц. Валентини Омелянівни Шиманської (11–13 травня 2023 р.). Тернопіль: Вектор, 2023. С.73–76.

УДК: 635.621:581.4:577.1:632.112

**МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ГАРБУЗА
ЗВИЧАЙНОГО (*CUCURBITA PEPO*) ЗА ДІЇ ФУЛЕРЕНУ C₆₀
ТА УМОВ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ**

Погрібна А. С., Прилуцька С. В.

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mail: annapogrebnaa329@gmail.com

Актуальність роботи. У зв'язку з кліматичними змінами та зростанням частоти посух сільське господарство все частіше стикається з проблемою водного дефіциту, що негативно впливає на ріст і врожайність культурних рослин, зокрема гарбуза звичайного (*Cucurbita pepo*). Це зумовлює потребу в ефективних засобах підвищення стійкості рослин до стресових умов. Одним із перспективних напрямів є застосування наноматеріалів як регуляторів росту рослин. Перспективним у цьому напрямку є вуглецеві наночастинки фулерену C₆₀, які здатні стимулювати ріст та адаптаційні процеси рослин. Вивчення впливу фулерену C₆₀ на морфометричні показники гарбуза в умовах водного дефіциту має важливе значення для розробки новітніх екологічно

безпечних регуляторів росту [1, 2].

Мета роботи: дослідити вплив фулерену C_{60} на морфометричні показники двох сортів гарбуза звичайного (*Cucurbita pepo*) – «Волзький сірий» та «Український багатоплідний» пророщених за умов водного дефіциту.

Матеріали та методи: Насіння гарбуза попередньо стерилізували розчинами NaCl (20 г/л) і H_2O_2 (3%) та обробляли розчином фулерену C_{60} у концентраціях 0,1; 0,2; 0,5 та 1,0 мг/мл протягом двох діб за світлового режиму. У роботі використано колоїдні розчини структурованих вуглецевих наночастинок фулерену C_{60} , які було синтезовано і охарактеризовано у біотехнологічній лабораторії Технічного університету Ільменау (Німеччина) та люб'язно надано проф. У. Ріттером. Контрольні зразки насіння замочували у дистильованій воді. Вегетацію проводили у двох режимах зволоження: за нормального поливу та за умов водного дефіциту (без поливу). На 14-й день пророщування насіння рослин загальноприйнятими методиками оцінювали основні морфометричні показники, зокрема, довжину пагона і кореня, кількість листків, масу рослин і діаметр пагона. Статистична обробка проводилась за допомогою обчислення середнього арифметичного значення для кожної групи досліджуваних показників та програмного забезпечення Microsoft Excel 2021.

Результати: За умов водного дефіциту спостерігалось зниження основних показників росту в обох сортів гарбуза. У гарбуза сорту «Український багатоплідний» довжина пагону зменшилася на 41%, довжина кореня – на 27%, кількість листків – на 10%, маса рослини – на 34%, діаметр пагону – на 25% у порівнянні з контролем (полив). У гарбуза сорту «Волзький сірий» довжина пагону знизилася на 32%, довжина кореня – на 17%, кількість листків – на 10%, маса рослини – на 50%, діаметр пагону – на 21% порівняно з контролем за нормального поливу. Рослини сорту «Волзький сірий» виявився більш стійким до дії посухи порівняно з «Українським багатоплідним», що вказує на його кращу адаптацію рослин цього сорту до водного стресу.

Виявлено позитивну дію фулерену C_{60} на морфометричні показники гарбуза у обох сортів вирощених за умов водного дефіциту. За дії фулерену C_{60} за концентрації 0,2 мг/мл у гарбуза

сорту «Український багатоплідний» довжина пагона збільшилася на 51%, кореня – на 27% , маса рослин – на 45% за дії посухи, що свідчить про покращення загального фізіологічного стану рослин. Аналогічні результати було отримано і для сорту гарбуза «Волзький сірий», де найвищі показники також спостерігалися за концентрації 0,2 мг/мл за дії посухи фулерену C₆₀.

Збільшення кількості листків, маси та товщини пагонів додатково засвідчує стимулюючу дію фулерену C₆₀ на ріст та розвиток рослин гарбуза. Натомість застосування концентрації 1 мг/мл не продемонструвало позитивного ефекту, а в окремих випадках супроводжувалося зниженням показників, що може свідчити про потенційну токсичність надмірної дози наноматеріалу.

Висновок: отже, фулерен C₆₀ ефективно запобігає негативній дії стресу індукованого водним дефіцитом на гарбуз звичайний, покращуючи морфометричні показники рослин, зокрема ріст пагонів, коренів, маси рослин та кількості листків. Найбільш виражений стимулюючий ефект спостерігається за обробки насіння розчином 0,2 мг/мл фулерену C₆₀ обох сортів гарбуза, що свідчить про здатність фулерену C₆₀ модифікувати механізми стресостійкості і адаптації рослин гарбуза за умов водного дефіциту.

Список літератури

1. Стрес та адаптація рослин: методичні рекомендації з вивчення дисципліни для здобувачів вищої освіти ступеня «Магістр» спеціальності 20 «Агрономія» денної форми навчання. О.А. Коваленко та ін. : методичні рекомендації. Миколаїв : МНАУ, 2019. 66 с.
2. Prylutska, S. V., Tkachenko, T. A., Tkachenko, V. V. (2023). Application of Carbon Nanomaterials for the Regulation of Stress Resistance in Agricultural Plants. Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii, 21, 923-944.

**ОЦІНКА СТАНУ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ
ДЕРЕВНИХ РОСЛИН РОДИНИ *FAGACEAE* В УМОВАХ
КИЇВСЬКОГО МЕГАПОЛІСУ**

Савіцька Л. В., Нестерова Н. Г.

Національний університет біоресурсів і
природокористування України

E-mail: savitska21sl@gmail.com

Проблема збереження та раціонального використання зелених насаджень у мегаполісах набуває першочергового значення в умовах посилення антропогенного навантаження на довкілля. Рослини, що зростають у міських екосистемах, зазнають дії комплексу несприятливих чинників: забруднення повітря, зміни газового режиму, підвищення температури повітря, ущільнення ґрунту та зменшення водозабезпечення тощо.

Одним із ключових критеріїв оцінки стану рослин у стресових умовах є дослідження стану фотосинтетичного апарату рослин. Діяльність фотосинтезуючої системи рослин включає сукупність структурних та функціональних елементів листка, які забезпечують процес фотосинтезу. Очевидно, що оптимальний стан цієї системи безпосередньо залежить від дії чинників навколишнього середовища. Метою роботи є комплексна оцінка стану фотосинтетичного апарату деревних рослин родини *Fagaceae* в умовах урбанізованого середовища з різним рівнем антропогенного навантаження. Дослідження стану фотосинтетичної системи дає можливість прогнозувати потенційний рівень стійкості дерев до стресових чинників довкілля та доцільності використання представників даної родини у міському озелененні.

Об'єктами дослідження слугували представники родини *Fagaceae*: дуб звичайний (*Quercus robur* L.), дуб чевоний (*Quercus rubra* L.), дуб скельний (*Quercus petraea*), бук лісовий (*Fagus sylvatica* L.) і каштан їстівний (*Castanea sativa* Mill.). Дослідження проводилися у межах насаджень деревних рослин м. Києва, що відрізнялися різним рівнем антропогенного

навантаження (парки, сквери, магістральні посадки). Визначення фотосинтетичних пігментів проводили спектрофотометрично, а морфологічний аналіз листків включав візуальне оцінювання пошкоджень, забарвлення та наявності некротизів.

Встановлено, що стан фотосинтетичного апарату деревних рослин родини *Fagaceae* суттєво залежить від ступеня антропогенного навантаження у досліджуваних екотопах. Так, показано, що у зонах підвищеного рівня забруднення атмосферного повітря (поблизу автомагістралей та промислових підприємств) спостерігалось суттєве зниження вмісту пігментів у листках дерев. Найвищий вміст хлорофілу а та b був зафіксований у листках *Q. robur* та *Q. petraea*, що зростали в умовах паркових насаджень з відносно чистим повітрям та оптимальним рівнем водозабезпечення. Водночас, у забруднених районах міста вміст хлорофілу а знижувався у середньому на 20–30 %, а хлорофілу b – на 15–25 % порівняно із зоною контролю, що співвідноситься з даними інших дослідників [1, 2]. При цьому, показники вмісту каротиноїдів демонстрували тенденцію до зменшення у більшості досліджуваних видів у стресових умовах середовища, що свідчить про зниження функціонування системи антиоксидантного захисту рослин [3]. Варто зазначити, що *F. sylvatica* та *C. sativa* проявляли вищу чутливість до дії стресових чинників: спостерігалось послаблення тургору, поява некротичних плям, деформація листкових пластинок та сумарне зменшення площі. В окремих випадках візуально зафіксовано накопичення пилу у зоні кутикули листків, що додатково ускладнювало фотосинтетичну діяльність [1].

Найстійкішими виявилися рослини *Q. robur* та *Q. petraea*, які зберігали високу інтенсивність фотосинтетичних процесів навіть у несприятливих умовах урбанізованого середовища, що пояснюється їх природними адаптаційними механізмами, високою пластичністю та здатністю до накопичення пігментів навіть за умов стресу [2]. Також, важливо відзначити, що морфологічний аналіз листків показав вищу цілісність та меншу кількість пошкоджень видів *Q. robur* та *Q. petraea* порівняно з іншими представниками родини.

Отже, зафіксовано коливальний характер показників стану фотосинтетичного апарату деревних рослин родини *Fagaceae*

залежно від рівня урбанізаційного навантаження. Найстійкішими до стресових умов мегаполісу виявилися *Q. robur* та *Q. petraea*, які характеризувалися найвищими показниками вмісту фотосинтетичних пігментів та мінімальними ознаками пошкоджень листового апарату за дії стресу. Рослини видів *F. sylvatica* та *C. sativa* проявляли нижчу стійкість до дії забруднювачів повітря та ґрунту, що відображалось у достовірному зниженні вмісту пігментів та значних морфологічних змінах листків. Таким чином, проведена оцінка стану фотосинтетичного апарату деревних рослин дозволяє пропонувати найперспективніші види для використання в озелененні мегаполісів для формуванні стійких зелених насаджень, що здатні ефективно виконувати соціоекологічні, природоохоронні та містобудівні функції в урбанізованих умовах.

Список літератури

1. Пономаренко С. В. Адаптація деревних рослин до урбанізованих умов / С. В. Пономаренко // Урбоекологія. – 2021. – №3. – С. 45–50.
2. Коваленко О. М. Біохімічні показники рослин в умовах антропогенного навантаження // Біологічний вісник. – 2020. – №2. – С. 55–60.
3. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // Journal of Plant Physiology. – 1994. – Vol. 144. – P. 307–313.

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО
АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ARMILLARIA MELLEA* (VAHL) P.
KUMM. ДЛЯ СТИМУЛЯЦІЇ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ
ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР**

Сушицька К. С., Бойко О. А.

Національний університет біоресурсів і
природокористування України

E-mail: k.sushytska@gmail.com

Актуальність дослідження впливу біологічно активних речовин *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm. на овочеві культури зумовлена сучасними завданнями що постають перед сільським господарством, серед яких зниження родючості ґрунтів через інтенсивне використання мінеральних добрив, несприятливі кліматичні умови, необхідність зменшення використання хімічних стимуляторів росту та потреба у підвищенні врожайності й якості продукції. Враховуючи це актуальним є пошук альтернативних методів стимуляції росту рослин, зокрема за допомогою природних біологічно активних речовин.

Гриби роду *Armillaria*, зокрема *Armillaria mellea*, є патогенами деревних рослин, проте вони також містять важливі біологічно активні сполуки, серед яких фенольні сполуки, флавоноїди та інші метаболіти, що мають антиоксидантну та стимулюючу ріст дію [4]. Використання цих речовин як біостимуляторів може стати екологічною альтернативою хімічним регуляторам росту, сприяти підвищенню стресостійкості рослин до несприятливих умов та оптимізувати виробництво овочевих культур. Дослідження метаболітів *A. mellea* також відкриває нові можливості для розвитку біотехнологій у рослинництві та пошуку природних регуляторів росту [1].

Полісахариди, які також присутні в грибах роду *Armillaria* зокрема β -глюкани, можуть стимулювати «імунну» систему рослин, активувати синтез фітогормонів, сприяти укоріненню та покращувати водний баланс, що особливо важливо для стійкості до посухи. Фенольні сполуки (ферулова, галова, кумарова та ін.

виконують антиоксидантну функцію, захищаючи клітини рослин від оксидативного стресу, а також можуть сприяти покращенню засвоєння мікроелементів. Органічні кислоти, (найбільше яблучна), беруть участь у метаболічних процесах, впливаючи на енергообмін і транспортування іонів у рослинних клітинах. Токофероли та інші антиоксиданти захищають мембрани клітин від пошкоджень, що позитивно позначається на життєздатності рослин. Стероїди та тритерпеноїди можуть регулювати ріст кореневої системи, стимулювати розвиток бічних пагонів та підвищувати стійкість до фітопатогенів [3].

Вплив екстрактів *Armillaria mellea* на овочеві культури показали можливість стимулювання схожості насіння, розвитку кореневої системи, прискореного росту рослин та на продуктивність рослин. Екстракти цього гриба сприяють покращенню укорінення, підвищенню стійкості до грибних хвороб і збільшенню біомаси баклажанів, а також пришвидшенню схожості насіння [2]. При обробці томатів спостерігається покращення процесів фотосинтезу, підвищення маси плодів і зменшення впливу стресових факторів. Для огірків застосування біологічно активних речовин *Armillaria mellea* може призвести до підвищення загальної продуктивності та стійкості до стресових умов.

Основними механізмами дії біоактивних сполук цього гриба є антиоксидантний захист клітин, стимуляція синтезу ауксинів і цитокінінів, посилення антимікробного захисту та покращення транспорту поживних речовин. Завдяки цим властивостям *Armillaria mellea* можна розглядати як джерело природних біостимуляторів росту, які можуть знайти застосування в органічному землеробстві та стати екологічною альтернативою хімічним стимуляторам. Водночас для впровадження таких біокомпозицій у сільськогосподарську практику необхідні подальші дослідження, які дозволять визначити оптимальні концентрації екстрактів, механізми їхньої дії та можливі обмеження у використанні. Таким чином, вивчення впливу біологічно активних речовин *Armillaria mellea* на овочеві культури є актуальним і перспективним напрямом досліджень.

Список літератури

1. Грибівництво: практикум / Одеський державний аграрний університет. URL: [<https://surl.li/philds>)]
2. Influence of *Armillaria mellea* on Vegetable Crops (2021). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. URL: <https://www.notulaebotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/13358/9791>
3. Jeong, Y., Lee, S. H., Lee, J., Kim, M. S., Lee, Y. G., Hwang, J. T., Choi, S. Y., Yoon, H. G., Lim, T. G., Lee, S. H., & Choi, H. K. (2021). Influence of Bioactive Compounds from *Armillaria* Species. National Center for Biotechnology Information. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8070987/>
4. Aksoy, A., Hale, W. H., & Dixon, J. M. (2016). The Role of *Armillaria mellea* in Agriculture. Sciendo. URL: <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.1515/fv-2016-0036>

УДК 633.8-0.2526:005.332.8

**УРОЖАЙНІСТЬ СОНЯШНИКА ОДНОРІЧНОГО В
УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ**

**Шлянта Т. Б., Гуменюк Г. Б., Чень І. Б., Волошин О. С.,
Мацюк О. Б.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: tshlianta@gmail.com

Соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.) провідна олійна культура світу і одна з головних для агропромислового сектору країни. Україна володіє одними з найродючіших земель у світі, зокрема чорноземами, що становлять приблизно третину глобальних запасів, адже являється одним із світових експортерів — 50% [4]. Ці природні умови сприяють розвитку сільського господарства, де основними культурами є пшениця, кукурудза та соняшник. Вирощування цих культур орієнтоване переважно на

експорт, що забезпечує значну частину валютних надходжень країни. Соняшник, як стратегічна культура, зазнав значного впливу через бойові дії: мінування полів, руйнування виробництв, блокада портів, окупація територій, зниження логістичних ланок, обстріли. В умовах зростаючого попиту на ринку олійно-жирової продукції та військових дій на території держави є необхідністю впровадження високоурожайних гібридів, які зможуть забезпечувати потреби країни. Також причинами послугували такі внутрішні фактори: моральна й фізична зношеність інфраструктури, більшість олійних заводів належать міжнародним компаніям. Внутрішня реалізація холдингом продукції з мінімальною торговельною надбавкою і спричиняє менший прибуток для українського фермера [5]. Попри вказані виклики для аграрного сектору, зменшення посівних площ і труднощі сьогодення, фермери намагаються досягнути значних показників урожайності та адаптуватися до нових умов.

За даними Мінагрополітики врожай соняшнику у 2023 році становив 11,97 млн.т. зерна при середній урожайності 2,39 т/га., завдяки сприятливим погоднім умовам [2]. Організація USDA (Міністерство сільського господарства США) зробила попередній прогроз на сезон 2023/2024 року: врожай зростає до позначки 14,5 млн.т., но цього не відбулося. У 2024 році аграрії отримали 10,2 млн.т. соняшнику при середній урожайності 2,1 т/га [3]. Головна причина найнижчого показника десятиліття є посушливі погодні умови, які негативно впливали на розвиток культури. Втрата територій через військові дії обмежила доступ до сільськогосподарських угідь, а саме зменшивши посівну площу. Дані показники тільки підкреслили необхідність впровадження нових агротехнологій, стійких гібридів до погодніх кліматичних умов, нових стратегій й сучасних агротехнологій.

Таким чином, для ефективного відновлення та сталого розвитку агросектору України необхідно: по-перше, здійснити реконструкцію деградованих та застарілих виробничих активів і надання виробникам державних ресурсів і сервісів, модернізуючи технологію і співпрацюючи на європейському рівні; по-друге, відбудувати та диверсифікувати інфраструктуру експорту з погляду членства у майбутньому ЄС; по-третє, розмінувати і

рекультивувати область забруднених земель; по-четверте, утворити доступні фінансові інструменти для малих і середніх господарств; по-п'яте, збалансувати підтримку рослинництва і переробкою з доданою вартістю і панівним виробництвом; по-шосте, зміцнити регіональні системи управління і контролю, що сприятимуть координації всіх передбачених заходів [1].

Список літератури

1. Агросектор України: вплив війни та перспективи відновлення. DLF Attorneys-at-law. URL: <https://dlf.ua/ua/agrosector-ukrayini-vpliv-vijni-ta-perspektivi-vidnovlennya/> (дата звернення: 08.05.2025).
2. Жнива добивають до завершення: зібрано 763 млн тонн зернових та олійних. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/news/zhnyva-dobihaiut-do-zavershennia-zibrano-763-mln-tonn-zernovykh-i-oliinykh> (дата звернення: 08.05.2025).
3. Жнива 2023 в Україні: намолочено 787 млн тонн нового врожаю. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/news/zhniva-2023-v-ukrayini-namolocheno-787-mln-tonn-novogo-vrozhayu> (дата звернення: 08.05.2025).
4. Війна росії проти України загрожує світовому ринку соняшникової олії - UkraineInvest. UkraineInvest. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/news/29-04-22-2> (дата звернення: 05.05.2025).
5. Бойко О. С., Гейко Л. М. Сучасний стан підприємств олійно-жирової промисловості України. Економічний простір. 2020. № 157. С. 32–37 (дата звернення: 08.05.2025).

**АНАЛІЗ ВИДОВОГО СКЛАДУ РОДИНИ *FABACEAE* Lindl.
У ФЛОРИ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Яворівський Р. Л., Степанюк А. В., Зузяк Н. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: forik-botan@i.ua

Родина Бобові (*Fabaceae* Lindl.) – третя за чисельністю видів родина світової флори (після *Orchidaceae* та *Asteraceae*), котра у загальному нараховує до 18 000 видів, які належать до 650 родів, поширених космополітно, тобто по всій земній кулі та у різних екологічних умовах від Арктики до Антарктичних островів. На території України у складі її природної флори та як господарсько цінні представники поширені 330 видів *Fabaceae* у структурі 54 родів (1,83 % загальносвітової чисельності видів родини) [1].

Флористичні дослідження планетарного масштабу у кінцевому рахунку проектується у площину їх проведення на регіональних рівнях, що забезпечує створення найбільш оптимальних умов щодо збереження раритетної фракції флори певного регіону. Тому аналіз видового складу родини *Fabaceae* Lindl. у межах Тернопільської області є актуальним за змістом досліджень й має вагоме практичне значення.

На основі аналізу літературних джерел [3; 6], матеріалів фондових колекцій гербарію лабораторії морфології та систематики рослин Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (акронім TERN*) попередньо встановлено, що на території району дослідження трапляються 96 видів родини *Fabaceae* Lindl. (29,1 % загальної кількості у складі флори України), що належать до 31 роду. Таким чином, родовий коефіцієнт або ж середня кількість видів у роді становить тут 3,09.

Серед поліморфних родів виділяються своєю чисельністю конюшина (*Trifolium* L.) – 14 видів, горошок або вика (*Vicia* L.) – 13 та чина (*Lathyrus* L.) – 12 видів. Серед інших найбільш чисельних родів *Fabaceae* у Тернопільській області відзначимо зіновать або рокитничок (*Chamaecytisus* Link) – 7 видів, люцерна

(*Medicago* L.) – 6, астрагал (*Astragalus* L.) – 5, люпин (*Lupinus* L.) – 4, буркун (*Melilotus* Mill.) та робінія (*Robinia* L.) – по 3 види. Двома видами у структурі досліджуваної флори презентовані наступні роди: дрік (*Genista* L.), заяча конюшина (*Anthyllis* L.), лядвинець (*Lotus* L.), в'язіль (*Coronilla* L.), еспарцет (*Onobrychis* Mill.), а також важливі сільськогосподарські горох (*Pisum* L.) і квасоля (*Phaseolus* L.).

15 родів (48,4 % загальної кількості) є монотипними, тобто включають лише один вид: саротамнус або жарновець (*Sarothamnus* Wimm.), лемботропіс (*Lembotropis* Griseb.), вовчут (*Ononis* L.), козлятник (*Galega* L.), гострокільник (*Oxytropis* DC.), підковка або гіпокрепіс (*Hippocrepis* L.), сільськогосподарські нут (*Cicer* L.), боби (*Faba* Mill.), сочевиця (*Lens* Mill.), соя (*Glycine* Willd.), а також декоративні стифнолобіум або софора (*Styphnolobium* Schott), золотий дощ (*Laburnum* Medik.), гуньба (*Trigonella* L.), аморфа (*Amorpha* L.) та карагана (*Caragana* Lam.).

Також встановлено у районі дослідження зростання семи видів родини *Fabaceae* Lindl, котрі занесені до «Червоної книги України. Рослинний світ (2009) [4–6], зокрема:

1) зіновать (рокитничок) біла – *Chamaecytisus albus* (Насц.) Rothm. Природоохоронний статус виду на території України та у районі дослідження – II (вразливий). Занесений до Європейського червоного списку (ЄЧС). Реліктовий центральноевропейський лучно-степовий вид на східній та південній межі ареалу. Спорадично, досить чисельними популяціями поширений на території колишніх Гусятинського (с. Вікно) та Заліщицького (сс. Хмелева, Виноградне, Устечко) районів. Причини зменшення чисельності: знищення природних екотопів внаслідок їхнього заліснення, витопування при випасанні худоби, випалювання травостою, видобуток вапняку;

2) зіновать (рокитничок) Блоцького – *Chamaecytisus blockianus* (Pawl.) Klàsk. Природоохоронний статус виду на території України – III (рідкісний), у Тернопільській області – II. Занесений до ЄЧС з категорією R (рідкісний) та Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи (ЧС МСОП) у категорії NT (стан близький до загрозливого). Опільсько-подільський ендемік, третинний (неогеновий) релікт. Нечисельними, проте стабільними популяціями, котрі

представлені окремими локалітетами, зростає на території колишніх Гусятинського (с. Вікно, урочище Волове та на горі Гостра Скала), Борщівського (с. Грабарка) та Заліщицького (с. Самчинці) районів. Причини зменшення чисельності аналогічні *Ch. albus* (Nacq.) Rothm.;

3) зіновать (рокитничок) Пачоського – *Chamaecytisus paczoskii* (V. Krecz.) Klàsk. Природоохоронний статус виду на території України та у районі дослідження – III. Занесений до ЄЧС з категорією R та ЧС МСОП – категорія NT. Ендемік Волино-Поділля, третинний релікт. Локальними популяціями, що представлені нечисленними куртинами трапляється на території колишніх Гусятинського (с. Вікно) Збарзького (с. Киданці) та Заліщицького (с. Самчинці) районів. Причини зменшення чисельності: слабка конкурентна здатність виду, вирубування лісів, видобуток вапняку;

4) зіновать (рокитничок) подільська – *Chamaecytisus podolicus* (Blocki) Klàsk. Природоохоронний статус виду на території України – II, у Тернопільській області – I (зникаючий). Занесений до ЄЧС з категорією R та ЧС МСОП – категорія NT. Східнокарпатсько-подільський ендемік, третинний релікт. Нечисельними популяціями, що займають незначну площу та мають тенденцію до скорочення чисельності поширений на території колишніх Гусятинського (с. Вікно), Заліщицького (між селами Устечко та Шутроминці), Збарзького (між селами Малі Вікнини та Передмірка) і Лановецького (між селами Пищатинці, Борсуки та Матвіївці) районів. Причини зменшення чисельності: слабка конкурентна здатність виду, заліснення природних екоотопів, випалювання сухостою, видобуток вапняку;

5) підковка чубата (гіпокрепіс чубатий) – *Hippocrepis comosa* L. Природоохоронний статус виду на території України та у районі дослідження – III. Західноєвропейський вид з диз'юнктивним ареалом, релікт. Досить чисельними популяціями зростає на території колишніх Бережанського (сс. Гутисько, Куряни, Демня) та Підгаєцького (сс. Завалів, Яблунівка, Рудники, Боків) районів. Причини зменшення чисельності: досить стенотопна еколого-ценотична амплітуда виду, заліснення чи задерніння природних оселищ виду;

6) чина гладенька – *Lathyrus laevigatus* (Waldst. et Kit.)

Fritsch. Природоохоронний статус виду на території України та у районі дослідження – III. Центральноевропейський гірсько-лісовий вид на східній межі диз'юнктивного ареалу, гляціальний релікт. Трапляється поодиноким або невеликими групами до 20 особин на території колишнього Бережанського району (сс. Тростянець, Нараїв, Лапшин). Причини зменшення чисельності: вирубування лісів, слабе насіннєве поновлення виду;

7) конюшина червонувата – *Trifolium rubens* L. Природоохоронний статус виду на території України – III, у Тернопільській області – IV (неоцінений). Центральноевропейський лучно-степовий вид на східній межі поширення. Невеликими за площею популяціями поширений на території колишніх Бережанського (с. Гутисько) та Лановецького (с. Лопушне) районів. Причини зменшення чисельності: порушення умов зростання через терасування схилів, заліснення, надмірне випасання, збирання населенням як декоративних рослин.

Окрім того, на території Тернопільської області встановлено зростання семи регіонально рідкісних видів *Fabaceae* Lindl., які занесені до офіційного переліку таких видів на території району дослідження, зокрема: люцерна маленька (*Medicago minima* (L.) Bartalini), конюшини блідо-жовта (*Trifolium ochroleucon* Huds.), гірська (*T. montanum* L.) та паннонська (*T. pannonicum* Jacq.), заяча конюшина Шиверека (*Anthyllis schiwereckii* (DC.) Włocki), гострокільник волосистий (*Oxytropis pilosa* (L.) DC.) і в'язіль увінчаний (*Coronilla coronata* L.) [2].

Список літератури

1. Нечитайло В. А., Кучерява Л. Ф. Ботаніка. Вищі рослини. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. С. 281–289.
2. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / укл. Т. Л. Андрієнко, М. М. Перегрим. Київ : Альтерпрес, 2012. С. 113–120.
3. Флора УРСР: в 12 т. / за ред. Д. К. Зерова. Київ : Вид-во АН УРСР, 1954. Т. 6. С. 301–573.
4. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. С. 434–484.

5. Яворівський Р. Л., Дем'янчук П. М. Червонокнижні види флори Тернопільської області. Матеріали XIV з'їзду Українського ботанічного товариства. (Київ, 25–26 квітн. 2017 р.). Київ, 2017. С. 139.
6. Яворівський Р., Дем'янчук П. Рослинний світ. *Географія Тернопільської області* : монографія. В 2-х т. Т. 1. Природні умови та ресурси. 2-е вид., перероблене і доповнене / за ред. проф. М. Я. Сивого. Тернопіль : Осадца Ю. В., 2020. С. 285–325; 480–514; іл.

UDK 581.143.6

OSMOSIS OF *NICOTIANA TABACUM* L. CELL LINES UNDER SOAKING CONDITIONS

¹Zaitseva I.O., ^{1,2}Bronnikova L.I.

¹Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

²Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

E - mail: Zlenkolora@gmail.com

Modern global ecology places categorical demands on biological sciences to produce plant forms with complex resistance to abiotic stresses. There is a need to develop new ideologies and improve methods for their in vitro production. Only such an integrated approach can ensure a major breakthrough in solving this scientific problem. Considerable attention is paid here to the latest biotechnological approaches that are being actively developed and implemented. along with undeniable achievements, there are problematic issues that require special attention. The range of such issues includes theoretical (biological), methodological and humanitarian problems.

There is now no doubt that stress tolerance is a polygenic characteristic. It combines the action of both cellular-level mechanisms and the reaction of the whole plant. The peculiarity is that the mechanisms implemented at the cellular level have priority.

Among the abiotic stresses, osmotic stress, or salinity, has the greatest harmful effect To reduce the harmful effects of salinity on plant yields, there is a need for salt-tolerant plant genotypes [1].

One of the most promising ways to solve the problem of obtaining stress-resistant plant forms is cellular selection. The selection of comprehensively resistant genotypes, then during each individual passaging, always involved changing the cultivation conditions. The modelling stress agent is a substance characterised by high toxicity in relatively small amounts. Therefore, it can cause significant cell damage. Cellular selection is becoming the main method of obtaining plant forms with unique characteristics. Heavy metal ions (HMI) are known to have such characteristics [4].

Ba²⁺ ion was used to create an in vitro model system. The selective concentration of barium ion was determined in previous experiments. In cell selection, the phenomenon of a stable cell culture is of great importance. A culture is considered to be resistant if it can only withstand stress pressure when growth processes are completely inhibited and resume proliferation only under normal conditions.

In our experiments, we selected cultures that maintained growth and development throughout the entire period of cultivation. To determine the stability, the relative biomass growth (Δm) was constantly monitored. Ba-RCL were obtained as a result of primary selection on medium with a lethal concentration of Ba²⁺ ion. After cell biomass growth on the selective selection medium, the callus was simultaneously passaged on control medium (normal conditions) and on selective media with Ba²⁺.

The concentration of Ba²⁺ cations used was lethal for wild-type cell cultures.

Among the resistant tobacco cell lines, even ultra-resistant variants were isolated, which demonstrated proliferation in the presence of 5 mM barium cations, i.e., withstood a dose of toxicant 2.5 times higher than the lethal one.

It is known that Ba²⁺ ions affect the transport of K⁺ ions. Ionic interaction/antagonism has also been observed for other cations [2]. Thus, salinity resistance may be related to the kinetics of toxic cation transport or the structure of the transporters themselves. We also assume that the cross-resistance to Ba²⁺ ions as a salinity factor is associated with changes in membrane viscosity caused by changes in the degree of lipid saturation.

In our case, the cross-resistance of Ba-RCL is confirmed by the proliferation and growth of the culture on any selective medium. Most

likely, this event is due to the compartmentalisation of toxic ions. This assumption was confirmed by determining the free proline content in resistant cell lines.

Proline plays a crucial role in cellular mechanisms both as a component of proteins and as a free amino acid. Due to its cyclic structure, proline has limited configurational flexibility, which ultimately determines the stabilisation/destabilisation of the secondary structure of the protein. It is known that an increase in the extracellular protein pool is often associated with phosphorylation at tyrosine sites and determines the status of the culture [3, 5].

The use of Ba^{2+} ions in cell breeding has shown great potential for their suitability for obtaining plant forms with an increased level of salt tolerance. In fact, instead of a typical glycophyte, such as tobacco, a new genotype has emerged that corresponds to classical halophytes in terms of resistance (developing in the presence of 2.5% salinity).

Ba -CLCs respond to specific stress ions. The presence of Ba^{2+} cations affects the ionic balance by retaining K^+ , which, however, is not the only reason for salt resistance. The level of free proline in the RCL changes depending on the type of osmotic stress. In this case, proline plays a detoxifying role.

The involvement of heavy metal ions in cell selection has made it possible to obtain cell lines and plants resistant to salt stress. Such a promising biotechnological method makes it possible to obtain new stress-resistant genotypes of any crops.

References

1. Lohani N., Sing M., Bhalla P. Biological parts for engineering abiotic stress tolerance stress in plants. *Biodesign Research*. 2022, 41 p. <https://doi.org/10.34133/2022/9819314>
2. Luo D., Song F., Lu M., Shi Y., Ma Q. Salt – stress – induced ion transport contributes to K^+/Na^+ homeostasis in root of Ping'on hybrid hazelnut. *Fores*. 2023. 14181, 1851 <https://doi.org/10.3390/f14508651>
3. Renzetti M., Funk D., Trovato M. Proline and ROS: a unified mechanism in plant development and stress response. *Journals Planrs*, 2025, 14(1), 2 <https://doi.org/10.3390/plants14010002>
4. Sergeeva L.E., Bronnikova L.I. Cell selection with barium for obtaining genetically modified tobacco. *Вісник Черкаського*

- національного університету імені Богдана
Хмельницького. 2020, №1, С.71 – 78
<https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-20201-71-78>
5. Li M., Zou L., Zhang L., Ren G., Liu Y., Zhao X. Plant –
based proteins: advances in their sources, digestive profiles in
vitro and potential health benefits. Critical reviews in food
science and nutrition. 2024, P.1 – 21
<https://doi.org/10.1080/104008398.2024.2315488>

РОЗДІЛ 2

АНАТОМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ

УДК: 611.018 (092) (477.84)

ОЦІНКА МЕХАНІЗМІВ ФОРМУВАННЯ ФІБРОЗНИХ РУБЦІВ

¹Волошин О. С., ¹Герц А. І., ²Волошин В. Д.

¹Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

²Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського

E-mail: voloshyn@tnpu.edu.ua; voloshynv@tdmu.edu.ua

Актуальність дослідження механізмів формування фіброзних рубців пов'язана із значною кількістю випадків травматизму серед населення, традиційно високим залишається відсоток ушкоджень шкіри. Як орган, шкіра забезпечує важливу функцію захисту організму від ультрафіолету, дії агресивних хімічних, механічних, біологічних чинників, є активним учасником обміну речовин. Завдяки чітко детермінованим процесам синтезу та ремоделювання структурні елементи епідермально-дермального з'єднання беруть активну участь у репаративній регенерації шкіри, забезпеченні біологічних та механічних сигналів, необхідних для підтримання бар'єрної функції.

Травми, в залежності від глибини і характеру, здатні призводити до розвитку гіпертрофічних або келоїдних рубців внаслідок порушення нормального перебігу репаративної регенерації пошкодженої ділянки. Саме тому важливим напрямом сучасних досліджень є аналіз механізмів відновлення тканинних елементів, вивчення структурних основ репаративної регенерації, механізмів її регуляції і способів корекції. За нормальних умов загоєння рани відбувається згідно генетично обумовлених механізмів і завершується відновленням тканин в попередньому вигляді. Порушення перебігу репаративної регенерації можуть бути викликані відхиленнями у роботі

імунної системи, хронічним запаленням, рядом інших чинників. Як результат – можливе виникнення рубців і розвиток патологічного фіброзу [1].

Актуальним завданням є дослідження механізмів контролю репаративної регенерації. Результати таких досліджень дозволять перешкодити розвитку порушень нормального перебігу загоєння рани. Успішність загоєння рани залежить від ефективності основних механізмів процесу загоєння: гемостазу, розвитку запалення, міграції лейкоцитів в рану, ангиогенезу. Ці механізми ретельно контролюються на місцевому і системному рівнях та спрямовані на відновлення пошкоджених тканин. Важливе практичне значення має вивчення патогенезу і механізмів порушення репаративної регенерації, ролі у цьому процесі як клітинних компонентів так і міжклітинного матриксу. Адже утворення фіброзних рубців може призводити до функціональних проблем, емоційних переживань через естетичні недоліки. В цьому контексті важливо дослідити особливості функціонування активованих фібробластів, утворення позаклітинної речовини та роль механічних сил в області рани. Отримані дані зможуть сприяти розробці методів лікування значних за площею і глибиною ран шкіри без утворення фіброзних рубців [3].

Як правило, виникнення фіброзних рубців є наслідком глибоких уражень шкіри: травматичних пошкоджень (насамперед, опіків), хірургічних втручань, фолікулітів та подібних причин. Фіброзні рубці є патологічними утворами, розвитку яких сприяють сповільнене загоєння рани, значна глибина пошкодження, натяг шкіри навколо рубця, що формується. На результат загоєння рани впливають не лише місцеві фактори, але й системні: генетика, хронічні захворювання, діабет, гіпертонічна хвороба та інші.

Зокрема, натяг шкіри навколо рубця, що формується, здатний призводити до тривалого запалення сітчастого шару дерми. Таке запалення стимулює розвиток патологічно надмірної кількості кровоносних судин, нервових волокон, колагену у сітчастому шарі дерми. Як наслідок - отримують розвиток фіброзно-проліферативні порушення шкіри і формується патологічний рубець. Тривалий вплив місцевих і системних факторів на ділянку загоєння провокує ендотеліальну

дисфункцію і дисфункцію фібробластів [4]. Інтенсивність васкуляризації тканин в ділянці загоєння рани розглядають як основний фактор патогенезу фіброзних рубців. Стереологічний аналіз дермальних судин фіброзних рубців і для порівняння – судин нормальних рубців та здорової шкіри без рубцювання показали істотні відмінності васкуляризації зазначених структур. Дослідження демонструють відсутність відмінностей у характері васкуляризації дерми непошкодженої шкіри і нормальних рубців. На противагу цьому, в келоїдних і гіпертрофічних рубцях рівень васкуляризації дерми був істотно вищим. У гіпертрофічних рубцях мало місце розширення просвіту судин, загалом кількість судин у фіброзних рубцях була більшою порівняно з нормальною шкірою. При цьому не спостерігали відмінностей у характері васкуляризації між гіпертрофічними і келоїдними рубцями. Таким чином, стереологічний аналіз підтвердив роль надмірної васкуляризації тканин у розвитку фіброзних рубців в ділянці глибоких уражень шкіри [2].

Порівняльне дослідження гіпертрофічної рубцевої тканини і епідермісу здорової шкіри показало існування певних розбіжностей в їх структурній організації. Фарбування базальної мембрани у рубцевих тканинах було відсутнє. Кератиноцити, отримані з рубцевої тканини, відрізнялись від нормальних клітин як на генетичному, так і на клітинному біологічному рівнях, однак механізми, відповідальні за фундаментальні аномалії в кератиноцитах під час розвитку рубця, залишаються невивченими. Встановлено, що на гістологічному рівні структура тканин гіпертрофічного рубця відрізняється від нормальної шкіри значним збільшенням товщини епідермісу [5].

Потреби вдосконалення методів стимуляції загоєння значних за площею і глибиною дефектів шкірного покриву потребують подальших досліджень морфологічних основ і фізіологічних механізмів загоєння шкіри. Окремого значення набуває вирішення проблеми розвитку фіброзних рубців. Вирішенню цієї проблеми сприятимуть подальші дослідження причин порушення нормального перебігу репаративної регенерації шкіри, ролі в цьому фібробластів і міофібробластів, надлишкової васкуляризації, утворення надмірного об'єму елементів міжклітинного матриксу.

Список літератури

1. Волошин В. Д., Волошин О. С., Шанайда М. І., Сморщок Ю. С., Волошин М. В. Актуальні аспекти репаративної регенерації шкіри: сучасний погляд на проблему. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2024. №4. С. 16–24.
2. Amadeu T, Braune A, Mandarim-de-Lacerda C, Porto LC, Desmoulière A, Costa A. Vascularization pattern in hypertrophic scars and keloids: a stereological analysis. *Pathology - Research and Practice*. 2003. №199(7). P. 469-473.
3. Karppinen S.M., Heljasvaara R., Gullberg D., Tasanen K., Pihlajaniemi T. Toward understanding scarless skin wound healing and pathological scarring. *F1000Research*. 2019. 8:F1000 Faculty Rev-787. P. 1-11.
4. Ogawa R, Akaishi S. Endothelial dysfunction may play a key role in keloid and hypertrophic scar pathogenesis - Keloids and hypertrophic scars may be vascular disorders. *Medical Hypotheses*. 2016. №96. P. 51-60.
5. Yang S, Sun Y, Geng Z, Ma K, Sun X, Fu X. Abnormalities in the basement membrane structure promote basal keratinocytes in the epidermis of hypertrophic scars to adopt a proliferative phenotype. *International Journal of Molecular Medicine*. 2016. №37(5). P. 1263-1273.

УДК: 611.018 (092) (477.84)

**АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ СОМАТИЧНОГО ЗДОРОВ'Я ОСІБ
ЮНАЦЬКОГО ВІКУ**

Волошин О. С., Колодій Я. В., Гуменюк Г. Б.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: voloshyn@tnpu.edu.ua

Дослідження соматичного здоров'я молоді є актуальним з ряду вагомих причин: молодий вік є критичним періодом для формування базових фізіологічних процесів, тому своєчасне виявлення відхилень допоможе запобігти розвитку хронічних захворювань у дорослому віці, отримані результати досліджень

сприятимуть розвитку ефективної профілактичної стратегії з метою зниження ризиків захворювань. Зрештою, дослідження соматичного здоров'я молоді забезпечить наукове обґрунтування для усвідомлення необхідності здорового способу життя.

Соматичне здоров'я визначається характером функціонування всіх органів і систем, показниками фізичного розвитку організму, типом тілобудови, рівнем адаптаційного потенціалу. Від функціональної ефективності системи кровообігу та респіраторної системи, рівня фізичного розвитку залежать адекватність процесів енергозабезпечення організму, метаболізму, якості гуморальної регуляції, реакцій імунного захисту та багато інших. Показники соматичного здоров'я є чутливим індикатором адаптаційних можливостей організму, ефективності його взаємодії з середовищем.

Одними з головних показників соматичного здоров'я є ефективність гемодинаміки і газообміну. Здатність кардіореспіраторної системи постачати кисень до скелетних м'язів для забезпечення енергосинтезу за умов фізичного навантаження характеризують як кардіореспіраторну підготовленість. Рівень можливостей кардіореспіраторної системи є одним з важливих показників здоров'я у молоді. Водночас, за результатами досліджень, серед осіб юнацького віку значна частка не має належного рівня підготовленості кардіореспіраторної системи. Зокрема, в США лише 40% молоді мають здоровий рівень функцій гемодинаміки і газообміну [5]. За сучасних істотних змін умов середовища набувають особливої актуальності довготривалі дослідження кардіореспіраторної придатності молоді. Рівень фізичної активності, індекс маси тіла, якість харчування, паління істотно впливають на кардіореспіраторну придатність. Автори досліджень вказують, що накопичення показників здоров'я серцево-судинної системи мало позитивну кореляцію з кардіореспіраторною придатністю під час 2-річного спостереження у підлітків [4].

Важливе значення має аналіз стану соматичного здоров'я в обстежених з різним рівнем фізичної працездатності організму. Зокрема, встановлено, що серед осіб з рівнем фізичної працездатності вище середнього 88,2 % обстежених мали задовільний рівень функціонування кардіореспіраторної системи

і адаптаційних можливостей. Водночас, в групі осіб із середнім рівнем фізичної працездатності задовільний рівень адаптаційного потенціалу мали лише 62,1 % обстежених. Серед обстежених з рівнем фізичної працездатності вище середнього у 22,3 % осіб встановлено добрий рівень індексу Скібінського і високі показники резервних можливостей системи дихання, в 67,7% і 10% обстежених спостерігали відповідно задовільний і низький рівень цього показника. Водночас, в осіб із середньою фізичною працездатністю добрий рівень індексу Скібінського мали лише 11,2 % обстежених, 78,8 % осіб – мали задовільний, ще 10 % – низький рівень. Обстежені з вищою працездатністю демонстрували кращі показники толерантності до розумового навантаження – у 62 % осіб відзначено високий рівень толерантності [1]. Дослідження ефективності систолічної роботи серця та аеробних можливостей організму в осіб юнацького віку показало кращий рівень функціональних резервів і забезпечення енергетичного обміну в обстежених з вищим рівнем працездатності за індексом Робінсона. Показники гемодинамічного навантаження і коефіцієнт економічності кровообігу в таких осіб вказують на меншу напруженість у роботі серця і зниження енерговитрат на рух крові у судинах.

Обстеження показують, що певна частина студентської молоді потребує занять у групах фізичної реабілітації для відновлення соматичного здоров'я і рівня фізичної працездатності за допомогою лікувальної фізкультури. Зокрема, дослідження показали, що серед осіб групи фізичної реабілітації кількість обстежених з низьким рівнем працездатності склала 39,2%, а з показником нижче середнього становила 34,8%. Слід відзначити, що в цій групі спостерігали обстежених з порушеннями функцій опорно-рухового апарату і центральної нервової системи [2].

На стан соматичного здоров'я осіб юнацького віку вагомим чином впливають показники індексу маси тіла. Надмірна вага та ожиріння є поширеною і складною проблемою. Істотне зростання маси тіла є провокуючим фактором підвищення загрози розвитку серцево-судинних патологій, зокрема, і в молодому віці. Дослідження підтвердили зниження функціональних можливостей системи кровообігу і рівня енергетичного обміну в

осіб чоловічої статі з надмірною вагою та в осіб обох статей з ожирінням I ступеня. За таких обставин попередити поглиблення патологічних змін в організмі та в системі кровообігу можна за рахунок фізіологічних механізмів корекції способу життя. Необхідно, щоб рівень калорійності їжі відповідав рівню фізичної активності та енерговитрат організму [3], важливе значення для підтримання оптимальних показників соматичного здоров'я має режим сну, достатнє перебування на свіжому повітрі і якість харчових продуктів.

Результати досліджень підтверджують необхідність активної профілактичної роботи з молоддю, спрямованої на попередження розвитку негативних змін у соматичному здоров'ї, формування усвідомлення особистої відповідальності за власне здоров'я, на популяризацію здорового способу життя, фізичної активності та збалансованого харчування. Показники соматичного здоров'я осіб юнацького віку слід використовувати з метою оптимізації навчального процесу з урахуванням функціональних резервів кардіореспіраторної системи, рівня фізичного розвитку і загальної працездатності осіб даного вікового періоду.

Список літератури

1. Волошин О. С., Гуменюк Г. Б., Волошин В. Д., Сморок Ю. С., Зінковська Н. Г. Особливості функціонального стану організму осіб юнацького віку з різним резервом працездатності серця. Здобутки клінічної і експериментальної медицини. 2020. № 2. С. 70–76.
2. Дзензелюк Д., Денисюк Н., Пантус О., Денисовець А. Оцінка функціонально-резервних можливостей серцево-судинної системи студентської молоді. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. 2023. Серія 15 (10(170)). С. 72-77.
3. Колінько Л. М., Весніна Л. Е. Функціональний стан серцево-судинної системи у молодих осіб з різною масою тіла. Вісник проблем біології і медицини. 2020. Випуск 4, 158. С. 389-394.
4. Agostinis-Sobrinho C., Kievišienė J., Rauckienė-Michaelsson A., Dubey V.P., Norkiene S., Moreira C., Lopes L., Santos R.

- Cardiovascular health behavior and cardiorespiratory fitness in adolescents: a longitudinal study. Eur J Pediatr. 2022. 181(12). P. 4091-4099.
5. Raghuveer G., Hartz J., Lubans D.R., Takken T., Wiltz J.L., Mietus-Snyder M., Perak A.M., Baker-Smith C., Pietris N., Edwards N.M. Cardiorespiratory Fitness in Youth: An Important Marker of Health: A Scientific Statement From the American Heart Association. American Heart Association Young Hearts Athero, Hypertension and Obesity in the Young Committee of the Council on Lifelong Congenital Heart Disease and Heart Health in the Young. 2020. 142(7). P.101-118.

УДК 612.73/.74:796.015.52

**МІОФІБРИЛЯРНА ТА САРКОПЛАЗМАТИЧНА
ГІПЕРТРОФІЯ М'ЯЗІВ, ПРИЧИНИ ТА ОСОБЛИВОСТІ
ФОРМУВАННЯ**

Жиденко А. О., Паперник В. В., Апецько А. М.

Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т. Г. Шевченка

E-mail: zaa2006@ukr.net

В сучасних умовах молоді люди стали більше цікавитися різними формами рухової активності, зокрема, заняттями атлетичною гімнастикою. Вони хочуть бути сильними, швидкими, витривалими, але недосконалість інфраструктури у навчально-виховній і соціально-побутовій сфері, незадовільний стан матеріально-технічної бази в галузі фізичної культури і спорту не дає можливості молодим людям повноцінно тренуватися. Одним із виходів є пошуки інформації в Інтернеті для проведення тренувань самостійно. Наш аналіз кількох спортивних сайтів, виявив там теоретичні помилки у поясненні фізіолого-біохімічних змін організму під дією фізичних навантажень різної потужності, особливо щодо міофібрилярної та саркоплазматичної гіпертрофії м'язів.

Мета роботи: дослідити причини формування і характерні особливості міофібрилярної та саркоплазматичної гіпертрофії м'язів згідно з основними законами функціонування організму як

біокібернетичної системи.

Організм людини, з погляду кібернетики, складна, відкрита, динамічна система, в якій поглинається та безперервно трансформується речовина, енергія та інформація. Для цього необхідними є дії різних подразників на організм та його відповідь, яка здійснюватиметься згідно з першим законом саморегуляції, при якому дія подразника призводить до відхилення фізіологічної функції від рівня, що забезпечує нормальну життєдіяльність і є причиною повернення цієї функції до початкового рівня. Процеси саморегуляції спираються на використання прямих і зворотних зв'язків. Прямий зв'язок забезпечує вироблення регулюючих дій на підставі інформації про відхилення константи (підтримка гомеостазу). Наприклад, подразнення холодним повітрям терморецепторів шкіри призводить до збільшення процесів теплопродукції. Зворотні зв'язки направляють вихідний сигнал про стан об'єкту регуляції на вхід системи [2]. Але щодо фізичного навантаження, не всі розуміють, що це дія стрес-чинника на організм, відповідь якого розвиватиметься відповідно до основних фізіологічних законів: саморегуляції, єдності організму і середовища, єдності структури і функцій та циклічності роботи організму, як біокібернетичної системи.

Причинами міофібрилярної та саркоплазматичної гіпертрофії м'язів є дія фізичного навантаження різної потужності. Особливості формування міофібрилярної та саркоплазматичної гіпертрофії м'язів розглянемо на прикладі тренування спринтера та марафонця. Характер фізичного навантаження у процесі бігу спринтерів і марафонців дуже відрізняється. Спринтер працює в максимальній зоні потужності, енергетичне забезпечення відбувається за рахунок розпаду АТФ та анаеробному креатінфосфатному (алактатному, фосфогенному) ресинтезу АТФ, м'язи відчувають значне навантаження протягом 10-15 сек. бігу, тому це визначається як дія стрес-чинника, на яку, згідно закону єдності структури і функцій, буде відповідь організму на всіх рівнях його організації. На біохімічному рівні ці зміни відбуваються в м'язових волокнах (інтенсивний синтез та зменшення розпаду м'язових білків, що супроводжується збільшенням синтезу ДНК та РНК). Також

здійснюється збільшення об'єму міофібрил за рахунок змін ізоформ важких та легких ланцюгів міозину, однієї форми актину та регуляторних білків (тропоміозину та тропоніну) [1]. Тому в результаті відбувається міофібрилярна гіпертрофія. На клітинному рівні організації здійснюється зміна морфологічної структури м'язових волокон. Вони подовжуються, збільшуються в діаметрі та мають добре розвинений саркоплазматичний ретикулум (швидкі анаеробні волокна тип ІІb, які є основною складовою білих м'язів (бо мало міоглобіну та капілярів). Високу швидкість скорочення м'язів забезпечує підвищена активність ферменту АТР-ази. Цей фермент розщеплює АТР з виділенням енергії, яка необхідна для їх скорочення. Саме такий тип цих волокон забезпечує швидкісну силу спринтера.

Для марафонця основною фізичною якістю є витривалість, яка теж залежить від властивостей працюючих м'язів. У цих м'язах значно вищий відсоток повільних аеробних волокон (тип І) – до 80%. Відомо, що їх кількість визначається переважно генетичними факторами. Водночас, у м'язах стайерів зростає кількість швидких окислювальних волокон (тип ІІa). Це підвищує загальний вміст волокон з аеробним метаболізмом. Тренування витривалості веде переважно до саркоплазматичної гіпертрофії. При цьому в саркоплазмі м'язових волокон зростає вміст мітохондрій (до 300%), ферментів аеробного метаболізму, глікогену та ліпідів (на 50%). Ці зміни в м'язах збільшують їх здатність аеробно окислювати вуглеводи і, особливо, ліпіди. При цьому типі гіпертрофії спостерігається збільшення капіляризації м'язів (для їх роботи необхідно багато кисню) та кількість міоглобіну (у 1,5-2 рази), тому ці м'язи називаються червоні. Вони мають короткі м'язові волокна, з малим діаметром і низьким рівнем активності АТР-ази. Виконання фізичного навантаження відбувається в помірній зоні потужності. Енергозабезпечення м'язів (ресинтез АТР) проходить за рахунок окиснювального фосфорилування і це забезпечує економічність виконання бігу та опір втомі.

Висновок. Склад м'язів нижніх кінцівок у спринтерів та марафонців має багато відмінностей, які формуються під дією стрес-чинника фізичного навантаження різної потужності, але також залежить: від якісного складу мультигенів, які кодують

ізоформи міозину, актину та регуляторних білків в м'язах; від ушкоджень м'язів, «мікророзривів» під час тренування та процесу відновлення; від особливостей формування системного структурного сліду, якій робить можливим перетворення термінової (нестійкої) адаптації у морфологічну (стійку); від будови та властивостей мотонейронів, які є складовою моторної (рухової) одиниці; від типу скорочення м'язів; від хімічного складу скелетних м'язів, на які впливає харчування організму та від нейрогуморальної регуляції, яка забезпечує функціонування організму, як біокібернетичної системи.

Список літератури

1. Вільям Ф. Гамонг. Фізіологія людини: Підручник. Львів : БаК, 2002 784с.
2. Жиденко А. А. Человек как целостная система, принципы его функционирования. Матеріали II Міжнародної наукової конференції «Людина та світ в міждисциплінарних дослідженнях» (м. Чернігів, 31 жовтня – 1 листопада 2013 р.). Чернігів, 2013. С. 29-32.

УДК 159.944.4:616-036.1]-085-092.9:159.929

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО
СТРЕСОВОГО РОЗЛАДУ НА ПОВЕДІНКОВО-
ДОСЛІДНИЦЬКУ АКТИВНІСТЬ ЩУРІВ**

**Михейцева І. М.¹, Коломійчук С. Г.¹, Коломійчук Т. В.²,
Сіроштаненко Т. І.¹, Кузнецов М. К.¹, Сторожук Н. В.¹,
Рижак У. В.², Панік В. С.¹**

¹ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії імені
В.П. Філатова НАМН України»

²Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

E-mail: filatovbiochem@ukr.net

Проблема стрес-асоційованих розладів здоров'я людини особливо важлива в період сучасних воєнних дій в Україні. Хронічний вплив стресу як патогенного чинника, призводить до порушення функцій організму, виснаження адаптаційних можливостей, формування чи загострення органічної патології.

Психоемоційний стрес, пережитий у підлітковому віці, з часом може мати істотні наслідки з формуванням чи загостренням різних захворювань та зростанням ймовірності розвитку коморбідної патології [1].

Стресові ситуації у суспільстві можуть призводити до виникнення у людей різного роду розладів важливих систем організму, в тому числі психопатології та виникнення ендокринної дисфункції тощо. В свою чергу, дослідження різних моделей стресу у гризунів надає наукову інформацію стосовно механізмів патофізіології розладів, таких як депресивні захворювання, когнітивні порушення та посттравматичний стресовий розлад [3]. Так, тривалий вплив різних стресогенних чинників (деривація їжі та води, постійне освітлення, вимушене плавання) у щурів викликали різні патофізіологічні процеси, які, в свою чергу, призводили до суттєвих метаболічних та функціональних розладів, а саме: пошкодження і апоптоз клітин мозку, окисних, нейрохімічних і гіпоталамо-гіпофізарно-надниркових розладів, які можуть сприяти розвитку психологічних та фізичних порушень [4].

Встановлено, що хронічний непередбачуваний легкий стрес у дорослих самців і самок щурів супроводжувався зміною рівня нейромедіаторів, підвищенням сироваткового кортикостерону, гіпокампульних прозапальних факторів, що викликало посилення ангедонії та тривожного стану. Виявлені метаболічні зміни також можуть індукувати порушення поведінки, подібної до депресії, в обох статей тварин [5].

Виявлено, що хронічний м'який стрес суттєво впливав на поведінку щурів в тесті «відкрите поле», яка характеризувалась пригніченням рухової та орієнтовно-дослідницької активності тварин [2].

Посттравматичний стресовий розлад у сучасних умовах широкомасштабної війни в Україні, роль хронічного емоційного стресу, викликаного військовими діями, у якості триггеру формування та розвитку соматичних захворювань та їх ускладнень є актуальною і не зовсім вивченою проблемою сьогодення. Це спонукало нас до вивчення зміни поведінково-дослідницької реакції щурів в постстресовий період спостереження.

Метою нашого дослідження було визначення впливу посттравматичного стресового розладу на поведінково-дослідницьку активність щурів.

Матеріал та методи. У щурів (10 тварин) моделювали непередбачуваний стрес: періодично повторювані на протязі доби вибухи, світові спалахи та струшування впродовж 6 тижнів. Контрольна група тварин (10 кролів) - інтактні тварини, які не піддавалися ніякому впливу. Тварин утримували за умов віварію з вільним доступом до їжі та питної води. Протягом всього періоду спостереження проводили щотижнєве дослідження поведінково-дослідницької активності щурів.

Після моделювання вивчали показники поведінково-дослідницької активності щурів в тесті «відкрите поле» та час утримання тварин на горизонтальній сітчастій поверхні. Отримані дані статистично обробляли з використанням непараметричних методів аналізу, а саме критерію парного теста по Вілксону та Мана-Уїтні.

Результати. При аналізі традиційних характеристик поведінки щурів в тесті «відкрите поле» були визначені наступні особливості. Вихідні показники поведінково-дослідницької активності щурів статистично не відрізнялись між групами. У тварин після моделювання стресу горизонтальна активність щурів (перетин ліній квадратів) знижувалась у 1,8 разів ($p<0,02$), кількість стойок у 2,3 рази ($p<0,02$) по відношенню до вихідних даних та у 1,7 разів ($p<0,05$) та у 2,4 рази ($p<0,01$), відповідно відносно контролю.

Відзначено також тенденцію до зниження кількості зазирань в отвори у підлозі (нірковий рефлекс). Грумінг тобто кількість вмивальних рухів є проявом тривожної поведінки гризунів і в наших дослідженнях цей показник зростав у 4,3 рази ($p<0,02$) відносно вихідних даних та у 2,2 рази ($p<0,05$), порівнюючи з контролем.

Цікаво, що час утримання щурів на горизонтальній сітчастій поверхні теж суттєво знижувався у 4,6 разів ($p<0,05$) по відношенню до вихідних даних та у 5,0 разів ($p<0,05$) відносно контролю, що може свідчити про рухову дисфункцію за умови розвитку посттравматичного стресового розладу дослідних тварин.

Висновок. Отриманні експериментальні дані свідчать про зростання рівня тривожності та емоційної активності, а також про зниження локомоторної та дослідницької поведінки щурів при стресі в посттравматичному періоді.

Виявлену специфічну реакцію щурів з порушенням поведінки в тесті «відкрите поле» та час утримання тварин на горизонтальній сітчастій поверхні можна розглядати як прояви суттєвого посттравматичного стресового розладу.

Ці дані допоможуть в подальших дослідженнях з'ясувати патогенетичні ланки механізмів порушення психофізіології людини при стресі та посттравматичних стресових розладів за умови воєнних дій та будуть сприяти підбору фармакотерапевтичних засобів з метою корекції виявлених порушень.

Список літератури

1. Страшок Л. А., Рак Л. І., Єщенко А. В., Кашіна-Ярмак В. Л., Завеля Е. М., Ісакова М. Ю. Клінічні наслідки психоемоційного стресу в підлітковому віці // Здоров'я дитини. 2024. Т. 19. № 8. С. 526-532.
2. Харченко Ю. В., Абрамов С. В., Крижановський Д. Г., Федченко М. П., Черненко Г. П., Філіпенко В. В., Терещенко Н. М. Вплив хронічного м'якого стресу на поведінку щурів за умов експериментальної фармакотерапії // Вістник проблем біології і медицини. 2022. Вип. 3, № 166. С. 282-286.
3. Atrooz F., Alkadhi K. A., Salim S.. Understanding stress: Insights from rodent models // Curr. Res. Neurobiol. 2021. Vol. 2. 100013. URL : <https://doi.org/10.1016/j.crneur.2021.100013> (дата звернення: 07.04.2025).
4. Pujo J. M., Fitriani D. Y., Ben Saad H, Ghariani M, Dghim A, Mellouli M, Burin A, Mutricy R, Houcke S, Roujansky A, Mansyur M., Nkontcho F., de Toffol B., Ben Amara I., Kallel H. The effects of prolonged stress exposure on the brain of rats and insights to understand the impact of work-related stress on caregivers // Front. Behav. Neurosci. 2023. Vol. 17. 1288814. URL : <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2023.1288814> (дата звернення: 07.04.2025).

5. Zhang C., Liu B., Pawluski J., Steinbusch H. W. M., Kirthana Kunikullaya U., Song C. The effect of chronic stress on behaviors, inflammation and lymphocyte subtypes in male and female rats // Behav. Brain Res. 2023. Vol. 439. 114220. URL : 10.1016/j.bbr.2022.114220.

УДК 612.821.2

**ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ СКЛАДНОЇ ЗОРОВО-МОТОРНОЇ
РЕАКЦІЇ ВИБОРУ ОСІБ З РІЗНИМ РІВНЕМ
ТРЕНОВАНOSTI**

Федьків М. Р.^{1,2}, Вовканич Л. С.², Кіндзер Б. М.²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка

²Львівський державний університет фізичної культури імені Івана
Боберського

E-mail: maria.fedkiv@lnu.edu.ua

Психофізіологічні функції формуються на основі індивідуальних особливостей нервової системи людини та впливають на формування спеціальних рухових навичок [2, 3]. Показники сенсомоторних реакцій можуть свідчити про рівень адаптації до різного роду навантажень або про наявність втоми [2]. В ударних єдиноборствах у спортсменів формуються специфічні реакції на подразники, які виникають у процесі тренування [3]. Тому метою нашого дослідження було вивчити особливості психофізіологічних показників осіб з різним рівнем тренуваності.

Було сформовано дві дослідні групи з 46 осіб чоловічої статі. До групи одноборців (О) належали 23 спортсменів–одноборців високої спортивної кваліфікації (КМС–МС), віком $19,00 \pm 0,49$ років, зі стажем занять понад 5 років. Контрольна група (К) складалася із 23 студентів, віком $17,7 \pm 0,13$ років, які не мали регулярної фізичної активності.

Дослідження виконували з використанням комплексу «Діагност-1» (за методикою Макаренка М. В. та Лизогуба В. С.). Вивчали показники складної зорово-моторної реакції вибору 2 з 3 подразників (РВ2-3) зі зворотнім зв'язком: середнє значення латентного періоду (М, мс), середнє значення моторної реакції

(Ммр, мс), кількість помилок (%) та час виконання тесту (с). Перед основним тестуванням учасники проходили інструктаж і тренування на частотах 40 і 50 подразників на хвилину, що забезпечувало звикання до ритму подачі стимулів із подальшим згасанням орієнтувального рефлексу [1]. На наступному етапі реєстрували показники PB2-3 зі збільшенням подразників (60, 90, 120). Дані аналізували з допомогою програми Origin 2018. Нормальність розподілу оцінювали за критерієм Шапіро-Вілکا, рівень достовірності між групами – на основі t-критерію Стьюдента.

Встановлено, що під час виконання PB2-3 достовірними були значення М під час реакції з найбільшою кількістю подразників (PB2-3₁₂₀): у групі О показник становив $294,41 \pm 7,31$ мс, у групі К – $320,53 \pm 8,42$ мс ($p < 0,05$). Показник Ммр статистично відрізнявся між досліджуваними групами під час PB2-3₆₀ та PB2-3₁₂₀. Зокрема, під час першого тесту у групі О значення досягало $115,86 \pm 2,99$ мс, тоді як у групі К – $182,34 \pm 23,33$ мс ($p < 0,01$). Під час останнього тесту Ммр становив $115,23 \pm 2,94$ мс у осіб групи О та $234,92 \pm 38,02$ мс у групі К ($p < 0,01$). При збільшенні кількості подразників у одноборців зберігалася стабільне значення Ммр, тоді як у представників групи К спостерігалася значне уповільнення моторної реакції із зростанням кількості подразників. Протягом тестування PB2-3 кількість помилок була аналогічною у досліджуваних групах і пропорційно зростала зі збільшенням кількості подразників: 19 % упродовж PB2-3₆₀, 33–35 % – PB2-3₉₀, 48–49 % – PB2-3₁₂₀. Час виконання тесту статистично відрізнявся між обома групами. Під час першого тесту він становив $33,74 \pm 0,35$ с у групі О та $35,17 \pm 0,74$ с у групі К ($p < 0,05$); під час другого тесту PB2-3 – $47,30 \pm 0,84$ с (О) та $50,70 \pm 1,14$ с (К) ($p < 0,05$); під час заключного тесту – $61,48 \pm 1,08$ с – у групі О, $64,70 \pm 1,11$ с – у групі К ($p < 0,05$).

Виявлено достовірно кращі показники складної зорово-моторної реакції вибору у групи одноборців порівняно з контрольною. У спортсменів спостерігалася стабільність моторної реакції (Ммр) незалежно від кількості подразників, тоді як у контрольної групи ці показники суттєво погіршувалися зі зростанням складності завдання. Час виконання тестів був значно

коротшим у групі однокласників на всіх етапах ($p < 0,05$). Отримані результати свідчать про те, що особи, які регулярно займаються тренувальною діяльністю, демонструють більш ефективні показники сенсомоторної реакції в умовах підвищеної когнітивної складності, що може бути пов'язано з вищим рівнем нейропсихологічної готовності, кращою концентрацією уваги та моторною автоматизацією.

Список літератури

1. Дослідження функціональних резервів розумової працездатності / V. Lizohub та ін. *Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences*. 2019. № 8(381). С. 102–107. URL: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2018-381-102-107>
2. Мирошніченко Є., Тропін Ю., Коваленко Ю. Модельні характеристики психофізіологічних показників кваліфікованих кікбоксерів. *Слобожанський науково-спортивний вісник*. 2020. Т. 5, № 79. С. 20–26. URL: <https://doi.org/10.15391/sns.v.2020-5.003>
3. Тропін Ю., Романенко В., Латишев М. Взаємозв'язок рівня прояву сенсомоторних реакцій з показниками фізичною підготовленістю у юних таеквондистів. *Єдиноборства*. 2021. С. 93–104. URL: <https://doi.org/10.15391/ed.2021-2.08>

РОЗДІЛ 3

БІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН

УДК 502.77

СУЧАСНИЙ ОХОРОННИЙ СТАТУС РОДИНИ
PAPILIONIDAE

Гап'як М. А., Голіней Г. М., Прокоп'як М. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: halyna.holiney@gmail.com

Представники родини Papilionidae (Косатці або Бояричі) є одними з найбільш помітних серед денних метеликів, завдяки великим розмірам і яскравому забарвленню. Ця родина належить до надродина Papilionoidea і нараховує у світовій фауні понад 550 видів. Найбільша кількість видів сконцентрована у тропіках і субтропіках, особливо у Південно-Східній та Східній Азії. Незважаючи на це, представники родини зустрічаються на всіх материках, за винятком Антарктиди, зокрема в широкому спектрі біотопів – від прибережних регіонів до високогір'я. У Північній Америці зареєстровано близько 40 видів, у Європі – лише 12. Найпівнічнішим представником є *Parnassius arcticus*, що мешкає в умовах тундри, тоді як найвисотніші популяції (до 6000 м) фіксують у Гімалаях (*Parnassius epaphus* та інші).

Papilionidae є індикаторними видами, що чутливо реагують на зміни довкілля. У зв'язку з глобальними кліматичними змінами та зростанням антропогенного тиску, вивчення цієї групи метеликів набуває актуальності у контексті збереження біорізноманіття та функціонування природних екосистем.

Видовий склад родини Papilionidae у фауні України представлений двома підродинами, що включають п'ять видів [2, 3]:

Підродина Верховинці Parnassiinae:

Поліксена *Zerynthia polyxena* (Denis & Schiffermiiller, 1775)

Мнемозина *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758)

Аполлон *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758)

Підродина Косатці Papilioninae:

Подалірій *Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758)

Махаон *Papilio machaon* (Linnaeus, 1758)

Ці види трапляються у різноманітних біотопах, включаючи ліси, луки, гірські екосистеми та навіть урбанізовані зони [1].

Представники Papilionidae мають важливе екологічне значення як запилювачі та складові трофічних ланцюгів. Уразливість до змін клімату та деградації середовищ існування робить їх індикаторними видами. Зменшення чисельності метеликів у деяких регіонах України зумовлює потребу в моніторингу та їх охороні.

Багато видів метеликів родини Papilionidae перебувають під загрозою зникнення через вплив людської діяльності та зміну середовища їх існування. Багато з них внесені до Червоних книг або списків видів, які потребують особливої уваги з точки зору охорони. Охоронний статус окремих видів може варіювати в залежності від їхнього розповсюдження та стану популяцій [4].

Збереження лускокрилих родини Papilionidae має велике значення для підтримання екологічної рівноваги.

Наведені фактори, що загрожують метеликам родини Papilionidae:

- втрата місць проживання (знищення та зміни середовища життя метеликів, такі як лісові вирубки, забудова місць проживання та землеробство, можуть призвести до втрати життєвого простору для метеликів);
- забруднення довкілля (забруднення повітря, води та ґрунту хімічними речовинами може негативно впливати на розвиток метеликів та їхніх харчових рослин);
- кліматичні зміни (зміни клімату можуть призвести до змін у розподілі видів, а також до зменшення популяцій метеликів через вплив на їхні місця проживання та доступність їжі);
- інтенсивне збирання (через інтенсивне збирання з метою колекціонування або торгівлі зменшується видова представленість).
- Подані заходи з охорони та відновлення популяцій:
- збереження середовища проживання (важливо зберегти та відновити природні місця проживання метеликів

Papilionidae, зокрема ліси, луки та гірські екосистеми);

- захист від забруднення (проведення заходів з мінімізації забруднення довкілля хімічними речовинами може сприяти збереженню популяцій метеликів);
- розведення ендемічних видів (виконання програм з розведення ендемічних та зникаючих видів метеликів Papilionidae може допомогти відновити їхні популяції).

Отже, охорона представників цієї родини потребує комплексного підходу, який включає моніторинг популяцій, охорону середовищ існування, що є важливим для збереження біорізноманіття.

Список літератури

1. Голіней Г. М., Прокоп'як М. З. Види Papilionidae в ентомологічних колекціях, зібраних у 2021–2023 рр. *Актуальні проблеми вивчення ентомофауни західного регіону України: збірник тез науково-практичної конференції* (Івано-Франківськ – Стара Гута, 14–16 червня 2024 р.). Львів : Державний природознавчий музей НАН України, 2024. С. 13–14.
2. Капелюх Я. І. Денні лускокрилі природного заповідника «Медобори». *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. 2017. № 4 (71). С. 104–112.
3. Некрутенко Ю., Чиколовець В. Денні метелики України. Київ : Видавництво Раєвського, 2005. 232 с.
4. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.

УДК 632:634.7

ОСНОВНІ ШКІДНИКИ МАЛИНИ

Голіней Г. М., Дидин І. В., Прокоп'як М. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: halyna.holiney@gmail.com

В Україні на ягідні культури припадає близько 2 % площі всіх плодово-ягідних насаджень. Ягідні культури вирощують для споживання у свіжому вигляді та для перероблення на компоти, джеми, желе тощо. Близько 70 % усіх ягід вирощують у приватному секторі.

Комахи-шкідники ягідних культур живляться кущами. Залежно від будови ротового апарату шкідника є різний характер пошкоджень рослинних тканин. Комахи з гризучим ротовим апаратом відгризають частини листків, стебел, коріння, плодів. Комахи з колючо-сисним ротовим апаратом проколюють покривні тканини рослин і живляться клітинним соком.

Шкідники малини можуть значно зменшити врожайність та якість плодів, що призводить до економічних втрат для фермерів і господарств, які вирощують малину як головну або додаткову культуру. Деякі шкідники можуть стати стійкими до хімічних засобів захисту рослин, що ускладнює їх контроль та може потребувати пошуку нових методів боротьби [1].

Отже, дослідження шкідників малини є на сьогодні актуальним, оскільки воно допомагає забезпечувати стабільне та ефективне вирощування цієї культури.

Нижче наведено поширені шкідники малинових насаджень.

З ряду Рівнокрилі Homoptera – малинна пагонова попелиця *Aphis idaei* Goot. [4]. Поширена по всій Україні, але найбільш шкодочинна на Поліссі та в Лісостепу. Великі колонії попелиць заселяють кінці пагонів і суцвіть, викликаючи скручування листя, стримування росту, викривлення пагонів, укорочення міжвузль. На пошкоджених пагонах квітки не розвиваються і часто засихають.

З ряду Твердокрилі Coleoptera – малинний жук *Byturus tomentosus* De Geer. У середині травня, під час утворення бутонів малини, жуки зосереджуються на цій культурі, виїдають бутони, пошкоджують листки та квітки. Пошкоджені ягоди дрібні, на вигляд тьмяні, швидко в'януть і загнивають [2].

Малинний довгоносик *Anthonomus rubi* (Herbst). Довгоносик трапляється повсюдно, численний на Поліссі та в Лісостепу. Антономус може завдати значних збитків врожаю, оскільки личинки виїдають м'які тканини плодів, роблячи їх неїстівними та зменшуючи їхню якість та кількість. Окрім

малини пошкоджує ожину, суницю, троянду, шипшину. Спочатку жуки живляться листками, вигризаючи в них отвори, потім переходять на бутони та виїдають їхній вміст.

Сірий, або землистий, кореневий довгоносик *Sciaphilus asperatus* Bonsdorff. Довгоносик трапляється повсюдно. Завдає великих збитків плантаціям, викликаючи масову загибель рослин. При відсутності дощів у червні-липні сильно пошкоджені плантації повністю засихають, в той час як непошкоджені в період посухи дають хороший урожай.

З ряду Лускокрилі *Lepidoptera* – малинна склівка *Pennisetia hylaeiformis* Lasp. Шкідник трапляється повсюдно. Пошкоджує малину і суницю. Зовні в місцях пошкоджень утворюються здуття [3].

Малинна брунькова міль *Lampronia rubiella* Bjerkaner. Шкідник трапляється на Поліссі та у північних районах Лісостепу.

З ряду Перетинчастокрилі *Hymenoptera* – малинний гребінчастовусий пильщик *Priophorus morio* Lep. Шкідник трапляється по всій території України. Пошкоджує малину, ожину, горобину. Пильщик пригнічує ріст рослини.

Малинний мінуючий пильщик *Metallus pumilus* Klug. Шкідник трапляється повсюдно. Пошкоджує малину, ожину, горобину.

З ряду Двокрилі *Diptera* – малинна пагонова галиця *Thomasiniana theobaldi* Barn. Шкідник трапляється повсюдно. У місцях живлення утворюються бурі плями, які поступово стають чорними й розширюються, охоплюючи велику частину пагона. Місця пошкоджень заселяються сапрофітними грибами; кора пагонів відмирає, що призводить до усихання стебла [3].

Малинна листкова галиця *Dasyneura plicatrix* Loew. Пошкоджене листя скручується, серединні жилки потовщуються.

Малинна стеблова галиця *Lasioptera rubi* Schrank. Пошкоджує стебла малини, ожини. Пригнічує ріст рослини.

Малинна муха *Pegomya rubivora* Coquillett. Цей вид мухи поширений у різних регіонах світу, де вирощують малину та інші культури. Трапляється на Поліссі та в Лісостепу. Завдає шкоди малиновим кущам, особливо молодим пагонам і листям. Пошкоджене листя може втратити свою фотосинтетичну

активність, що може вплинути на ріст та врожайність рослин [3].

Нижче наведено класифікацію шкідників малини за характером пошкоджень частин рослин:

- листові шкідники. До цієї категорії належать комахи, які живляться листям малини. Наприклад, малинний гребінчастовусий пильщик може залишати за собою виїдені ділянки на листях, що призводить до появи буруватих плям і втрати фотосинтетичної активності листя;
- пагонові шкідники. Деякі шкідники, такі як малинна пагонова галиця, можуть живитися м'якими тканинами молодих пагонів малини, що може спричинити гниття та відмирання пагонів;
- кореневі шкідники. Малинний кореневий довгоносик може пошкоджувати корені малинових кущів, що призводить до загибелі частин або всієї рослини;
- плодові шкідники. Це види, які пошкоджують плоди малини; можуть призвести до їх руйнування. Наприклад, малинний жук може збільшити вразливість плодів до гнилі;
- переносники хвороб. Деякі шкідники малини можуть бути переносниками хвороб, збудниками яких є віруси, бактерії або гриби, що спричинює захворювання рослин та втрату урожаю.

Систематичний догляд за малиновими кущами, вчасні заходи контролю шкідників і хвороб, а також правильний агротехнічний підхід допоможуть зберегти рослини та підвищити врожайність.

Список літератури

1. Коханець О. М., Проць Р. Р. Шкідники та хвороби плодових і ягідних культур. Львів : Українські технології, 2006. 92 с.
2. Сільськогосподарська ентомологія: Підручник / за ред. Б. М. Литвинова, М. Д. Євтушенка. Київ : Вища освіта, 2005. 511 с.
3. Шкідники ягідних культур: навчальний посібник / І. М. Мринський, В. В. Урсал, Т. М. Тимошук, О. А. Саюк, В. В. Воєводін; за ред. І. М. Мринського. Київ : Інтерконтиненталь, 2018. 352 с.

4. UkrBIN. 2017. UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network [public project & web application]. UkrBIN, Database on Biodiversity Information. [online] Available at: (Accessed 6 March 2025).

УДК 636.4.082(477)

**РОЗВИТОК ПЛЕМІННОЇ СПРАВИ У СВИНАРСТВІ УРСР
(1950–1980-ті рр.) В КОНТЕКСТІ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
ПРОФЕСОРА Ф. К. ПОЧЕРНЯЄВА**

Олійник Т. Б.

Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН
(м. Київ)

E-mail: oleyniktaras093@gmail.com

Свинарство в Україні має довгу традицію, яка розвивалась протягом століть. Однак, значний науковий підхід до племінної роботи у цій галузі був започаткований лише в ХХ столітті, коли почався процес індустріалізації сільського господарства. Федір Кузьмич Почерняєв став однією з ключових фігур у цій трансформації, зробивши вагомий внесок у розвиток свинарства та удосконалення методів племінної роботи в Україні, що значно підвищило ефективність галузі.

Федір Кузьмич народився 1 лютого 1929 року в місті Полтава. Після закінчення середньої школи вступив до Харківської спеціалізованої школи військово-повітряних сил, але через стан здоров'я залишив військову службу та обрав цивільну професію. У 1949 році він вступив до Полтавського сільськогосподарського інституту, де здобув спеціальність зоотехніка. Після його закінчення в 1954 році він вступив до аспірантури Полтавського науково-дослідного інституту свинарства.[2]

Почерняєв виконав свою першу наукову роботу «Біологічна кастрація свиней», за яку отримав Грамоту Міністерства вищої освіти УРСР. У 1957 році він успішно захистив кандидатську дисертацію на тему «Біологічні особливості та продуктивні якості молодняку беркширської породи при різних умовах білкового харчування».

У 1969 році Ф. К. Почерняєв захистив докторську

дисертацію на тему «Скоростиглість свиней, особливості її прояву та практичне використання», що стало основою його подальшої наукової діяльності. У 1972 році йому було присвоєно звання професора.[2]

Федір Кузьмич зробив значний внесок у розвиток селекції свиней. Однією з основних тем його досліджень була скоростиглість свиней. Він розробив методики оцінки тварин за біохімічними, імуногенетичними та морфологічними ознаками, що дозволило значно покращити ефективність селекційного процесу. В його дослідженнях широко використовувались новітні підходи до оцінки продуктивних і адаптивних властивостей свиней.[1]

Ф. К. Почерняєв працював над створенням нових ліній свиней, зокрема вивів три нові лінії кнурів і одне сімейство свиноматок. Ці тварини мали високі показники зростання, продуктивності та адаптації до умов УРСР. Під його керівництвом виведені лінії свиней продовжили свою експлуатацію у племінних господарствах, що забезпечило стабільне постачання високоякісного потомства для відгодівлі.

Вчений також працював над удосконаленням методів підбору свиней за різними ознаками, що дозволило підвищити загальну ефективність галузі. Його роботи були важливими для оптимізації процесу розведення свиней і забезпечення високопродуктивних тварин.[1]

Федір Кузьмич значно покращив показники свиначства в УРСР. Його наукові розробки стали основою для впровадження нових технологій у селекційно-племінну роботу. Тварини, створені на основі його рекомендацій, демонстрували високі показники продуктивності, зокрема покращення середньодобового приросту, зниження витрат кормів на одиницю приросту та високий рівень відтворювальних якостей.

Відкриття нових ліній свиней сприяло підвищенню результативності свиначських господарств, забезпечуючи їх стабільну рентабельність. Під час численних польових досліджень Федір Кузьмич разом з колегами застосовував результати наукових робіт безпосередньо на фермах, що дозволило здійснювати практичне впровадження новітніх методів в селекції свиней.

Окрім роботи в Україні, Ф.К. Почерняєв активно займався міжнародною науковою діяльністю. У 1966 році він відвідав Бельгію, в 1971 році — Англію, а в 1974 році — НДР та США. Під час цих поїздок він вивчав передовий досвід іноземних селекціонерів і отримав низку цінних знань, які пізніше адаптував до українських умов. Визнання його наукового авторитету за межами СРСР сприяло активному обміну досвідом та запровадженню нових технологій у свинарстві.

Ф. К. Почерняєв був також активним організатором науки. Він працював членом Науково-технічної ради Міністерства сільського господарства УРСР, а також очолював ряд селекційних груп та секцій з свинарства. Діяльність вченого включала не лише наукові дослідження, але й організацію навчальних семінарів і тренінгів для зоотехніків, що сприяло поширенню новітніх наукових розробок серед практиків.[2]

Як керівник Інституту свинарства, Федір Кузьмич активно працював над створенням комплексної наукової програми розвитку свинарства в республіці. Під його керівництвом було розроблено кілька важливих наукових проєктів, які сприяли оптимізації виробничих процесів у свинарських господарствах.

Ф. К. Почерняєв залишив значну наукову спадщину, що складається з понад 160 публікацій, серед яких монографії, статті, навчальні посібники. Його роботи активно використовувалися в навчальних закладах УРСР та інших республік СРСР. На основі його досліджень було розроблено нові підходи до оцінки та відбору свиней, що дозволило значно підвищити ефективність галузі.[2]

Під його керівництвом було захищено понад 20 кандидатських і докторських дисертацій. Його роботи стали основою для створення нових методик та технологій у селекції свиней, а його практичні досягнення забезпечили стійкий розвиток свинарства в Україні на кілька десятиліть вперед.[2]

Федір Кузьмич Почерняєв був одним з провідних вчених у галузі свинарства та племінної справи в Україні. Його наукові розробки в галузі селекції свиней мали значний вплив на розвиток цієї галузі в УРСР, підвищивши ефективність виробництва та забезпечивши стабільний розвиток тваринництва в республіці. Його роботи стали основою для впровадження

новітніх методів селекції свиней, що допомогло Україні залишатися одним з провідних виробників свинини у СРСР. Його спадщина продовжує жити в наукових колах та практичних господарствах, що використовують його методики та досягнення.

Список літератури

1. Нагаєвич В. М., Самородов В. М. Золоті розсипи спадщини Федора Почерняєва: урочистості з нагоди 80-річчя вченого й організатора науки // Вісн. Полтав. аграр. академії. 2009. № 1.
2. Особова справа. Почерняєв Федір Кузьмич. // Архів інституту свинарства і АПВ НААН. 69 арк.
3. Сагло О.Ф. та Шендрик Л.К., 2013. Від церковно-учительської школи до галузевого інституту. Свинарство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Полтава. Вип.63. 87-96.

УДК: 595.421:616.98:579.834.1:591.54:616-036.22:

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОГО ВПЛИВУ
ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ТРОФІЧНУ
АКТИВНІСТЬ КЛІЩІВ ТА ЇХ ЕПІДЕМІОЛОГІЧНИЙ СТАН**

Подобівський С. С.

Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського

E-mail: podobivskiy@tdmu.edu.ua

Іксодові кліщі на теперішній час є невід'ємним компонентом багатьох природних і штучних біоценозів в західних областях України. Найбільш масовими є два види кліщів: *Ixodes ricinus* і *Dermacentor reticulatus*. Такому активному поширенню кліщів у досліджуваному регіоні, очевидно, сприяли кліматичні зміни, які відбулися за останнє десятиліття.

Завданням наших досліджень було встановити можливу залежність трофічної активності кліщів та їх епідеміологічного стану від впливу кліматичних факторів: температури і відносної вологості повітря.

Ідентифікацію кліщів здійснювали за допомогою оптико-

електронної системи «IMAGLAV-SEO» з використанням сучасних визначників. Епідеміологічний стан кліщів визначався за допомогою ампліфікатора «ROTOR-GENE 6000» в реальному часі. Показники основних кліматичних факторів частково визначалися із застосуванням сучасних електронних гаджетів, а також використані дані Тернопільського гідрометеорологічного центру [1, 2]. За основу трофічної активності кліщів були взяті випадки нападів кліщів на людей протягом 2017-2024 років.

Згідно результатів аналізу середньорічних показників температура по роках з 2017 по 2024 суттєво не змінювалася. Протягом 2017-2021 років вона поступово знижувалася, а починаючи 2022 по 2024 – поступово зростала. Таким чином температурні показники досягли свого максимуму у 2024 році.

Зміни відносної вологості повітря протягом досліджуваного періоду майже корелюють зі змінами температури, а саме підвищення температури зумовлює зниження відносної вологості повітря. Таким чином криві змін відносної вологості повітря є дзеркальним відображенням кривих змін температури.

Здійснено аналіз ще одного важливого фактору середовища – кількості опадів у весняно-літній-осінній періоди 2017-2024 років. За результатами аналізу даних встановлено, що починаючи з 2018 року, коли спостерігалася найменша кількість дощових днів – 39, їх кількість поступово зростає, досягаючи максимуму у 2023 році – 71 день, а 2024 році різко зменшується до 57 днів.

Всі ці три кліматичні фактори активно впливають на активність кліщів в плані їх біології живлення і біології розмноження.

Нами було окремо опрацьовано кліщів у 2017-2019 і 2020-2024 роках. Перші три роки характеризувалися масовими зверненнями населення у лабораторію з дослідження кліщів після їх ураження кліщами. У наступні 4 роки кількість звернень скоротилася спочатку у зв'язку з епідемією «Covid-19», а згодом із початком війни.

За результатами досліджень найвища трофічна активність кліщів спостерігалася у 2018 і 2019 роках при середньомісячних температурах дещо вищих за 18 °C і відносній вологості повітря в межах 63-65 %, а найменший показник був у 2022 році при температурі меншій 17 °C і вологості повітря понад 66 %. З

результатів досліджень можна зробити висновок, що трофічна активність кліщів перебуває у певній залежності від кліматичних факторів, але частота їх нападів на людей також залежить і від частоти їх перебування у місцях наявності самих кліщів.

Дослідження епідеміологічного стану кліщів показали що ступінь їх зараження патогенами корелюється із кількістю досліджених кліщів, але є яскраві піки збільшення їх інфікованості у 2020, 2023 і 2024 роках, при середньорічних температурах 18-20 °С і відносній вологості повітря вищій за 60 %. Окрім кліматичних факторів, на ступінь інфікованості кліщів, очевидно, найбільше впливає ступінь інфікованості патогенами мишоподібних гризунів чи інших тварин, на яких відбувалося попереднє живлення преімагінальних стадій цих членистоногих.

Отже, попри значний вплив кліматичних умов, на трофічну активність кліщі та їх епідеміологічний стан додатково впливають й інші фактори: активність самого населення, наявність проміжних живителів кліщів та й епідеміологічний стан проміжних хазяїв цих ектопаразитів.

Список літератури

1. <https://meteopost.com/ weather/archive>.
2. http://astro.km.ua/calendar/solar_risaset/2021/10

УДК 632.76

**КАРАНТИННИЙ ШКІДНИК *FRANKLINIELLA*
OCCIDENTALIS PERGANDE**

Прокоп'як М. З., Голіней Г. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: mosula@chem-bio.com.ua

Інвазивні види комах негативно впливають на сільське господарство, зменшуючи врожайність культур, підвищуючи собівартість продукції та витрати на захист рослин. Вони посилюють залежність від пестицидів і порушують налагоджені програми інтегрованої боротьби зі шкідниками. У всьому світі ці шкідники завдають значної шкоди аграрному сектору, садівництву, квітникарству і лісовому господарству. Сьогодні

особливо важливо відстежувати поширення карантинних видів, зокрема тих, що мають тваринне походження. Необхідно визначати особливості їхнього розповсюдження, причини зростання чисельності та, на основі отриманих даних, розробляти заходи для обмеження подальшого розселення.

Західний квітковий трипс (*Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895)) – карантинний шкідник, який пошкоджує близько 300 видів квіткових і овочевих культур закритого ґрунту (хризантеми, троянди, гербери, гіпсофіли, цинерарії, огірки й ін.) [1]. Систематичне положення: тип – Arthropoda, клас – Insecta, ряд – Thysanoptera, родина – Thripidae, рід – *Frankliniella*, вид – *F. occidentalis*. Цей вид трипсів походить із південного заходу Сполучених Штатів і поширився на інші континенти, включаючи Європу, Австралію (де був ідентифікований у травні 1993 р.) і Південну Америку через транспортування зараженого рослинного матеріалу.

Відомо, що розміри імаго західного квіткового трипса становлять 0,9–1,2 мм, забарвлення від блідо-жовтого до темно-коричневого. Щетинки темного кольору. Крила світло-жовті. Вусики восьмичленикові. Самиця світліший від самки. Різностатеві особини відрізняються будовою статевих органів [1]. Тривалість розвитку імаго залежить від температури навколишнього повітря. Яйце має розмір 0,2 мм світлого кольору, бобовоподібної форми. Личинка світло-жовта, імагоподібна. Пронімфа і німфа білого забарвлення, імагоподібні.

В умовах закритого ґрунту розвивається безперервно. За сезон дає 12–15 поколінь. Розвиток ембріона залежить від температури навколишнього повітря. При +25°C розвиток яйця *F. occidentalis* завершується за 2–4 дні, а при +15°C – за 11 днів. Зимують доросла комаха (імаго) в ґрунті або в прикореневій розетці багаторічних культур чи бур'янів при плюсовій температурі, а при температурі нижчій 0°C гине. Реактивація трипсів починається при температурі вищій за +7,9°C. Імаго трипсів виходять із ґрунту й оселяються на нижній поверхні листків [1].

Пошкодження західним квітковим трипсом різняться морфологічно залежно від об'єкта ураження. Імаго харчуються клітинним соком рослин, висмоктуючи його з листя, стебел, квітів і плодів. Трипсів, які живляться квітами, зазвичай

приваблюють яскраві кольори квітів, особливо білого, блакитного і жовтого.

Поширюється трипс у всіх стадіях розвитку при перевезенні заселених шкідником квітів, овочів або в ґрунті квіткових рослин, торфї. *F. occidentalis* пасивним способом долає значні відстані між континентами та країнами. Західний квітковий трипс на території Тернопільщини ідентифікується впродовж 2016–2024 рр. [2]. Незважаючи на те, що у загальному по Україні спостерігається тенденція до зменшення уражених площ цим шкідником, у м. Тернополі впродовж восьми років площі ураження становлять 0,4 га. У зв'язку з тим, що *F. occidentalis* веде прихований спосіб життя і його складно виявити при огляді вантажів рослинного походження, єдиним надійним заходом, який не допускає завезення шкідника в країну, є обстеження впродовж вегетаційного періоду місць вирощування рослин, які повинні бути не заселені шкідником [1, 3, 4]. Ефективними є біологічні методи з використанням ентомофагів. Вченими із Китаю було протестовано ряд інсектицидів для боротьби із західним квітковим трипсом і встановлено резистентність до деяких з них. Найбільш ефективними виявилися лише спіносад і спінеторам, які рекомендуються для використання в інтегрованій програмі контролю поширення цього шкідника [5].

Список літератури

1. Західний квітковий трипс. URL: <http://www.karantin.te.ua/info/shkidlyvi-organizmy/quarantine-organisms-ternopil/zakhidniy-kvitkoviy-tryps/> (дата звернення: 11.02.2025).
2. Огляд поширення карантинних організмів в Україні. URL: <https://dpss.gov.ua/fitosanitariya-kontrol-u-sferi-nasinnictva-ta-rozsadnictva/fitosanitarnij-kontrol/oglyad-poshirenniya-karantinnih-organizmiv-v-ukrayini> (дата звернення: 11.03.2025).
3. Cluever J. D., Smith H. A., Funderburk J. E., Frantz G. Western Flower Thrips (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]). URL: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN108900.pdf> (Last accessed: 01.02.2025).

4. Demirozer O., Tyler-Julian K., Funderburk J., Leppla N., Reitz S. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Manag Sci.* 2012. Vol. 68 (12). P. 1537–1545. doi: 10.1002/ps.3389.
5. Wang H., Gong Y.-J., Jin G.-H., Li B.-Y., Chen J.-C., Kang Z.-J., Zhu L., Gao Y.-L., Reitz S., Wei S.-J. Field-evolved resistance to insecticides in the invasive western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in China. doi: 10.1002/ps.4200.

УДК 595.2:591.5(477.83)

**ДО ВИВЧЕННЯ ЖУКІВ-ТУРУНІВ (COLEOPTERA,
CARABIDAE) ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Різун В. Б.

Державний природознавчий музей НАН України

E-mail: rizunv@ukr.net

Родина жуків-турунів Carabidae одна з найбільших у ряді твердокрилих Coleoptera і розселена практично по всій земній кулі. На сьогодні описано понад 40 тис. видів і постійно описуються нові. В Україні зареєстровано майже 750 видів з 117 родів [5], в Українських Карпатах близько 450 видів [2, 5]. Інформація про турунів Волино-Поділля міститься у спеціальному розділі монографії "Фауна и экология почвенных беспозвоночных Волино-Подолья и прилегающих территорий" [3]. У ній з Опілля наведено 199 видів жуків-турунів, з Західного Поділля – 343, з Північного Поділля – 30. Для природного заповідника «Медобори» вказано 197 видів з 62 родів [4]. Історія ентомологічних досліджень на території природного заповідника «Медобори» детально розглянута Я.І. Капелюхом [1] і вона загалом стосується території цілої Тернопільської області. У результаті багаторічної роботи ентомологів на території заповідника та найближчих його околиць виявлено 3247 видів комах [1]. Жуки-туруни (Coleoptera, Carabidae) області хоча і вивчаються з середини XIX століття, але кількість видів родини для її адміністративних кордонів досі не підраховувалася.

Завдяки створенню електронних баз даних з обліку біорізноманіття з'явилася можливість проведення детального документування певних груп біоти окремих адміністративних та фізико-географічних територій тощо. Зокрема перелік жуків-турунів (Coleoptera, Carabidae) для Тернопільської області складений на підставі інформації, що міститься у базі даних інформаційно-пошукової системи Центр даних «Біорізноманіття України» (<http://dc.smnh.org/>) Державного природознавчого музею НАН України становить 150 видів і, на цей час, ще не відображає усього видового багатства цієї родини твердокрилих цього регіону. База даних сформована за результатами опрацювання наукової літератури, музейних колекційних матеріалів, задокументованих даних спостережень. Для окремих територій природно-заповідного фонду України області відмічена наступна кількість карабід: природний заповідник «Медобори» – 93 види, національні природні парки «Кременецькі гори» – 17 і «Дністровський каньйон» – 34.

Із включених до Червоної книги України жуків-турунів (Coleoptera, Carabidae) в області виявлено 4 види: *Calosoma sycophanta* (Linnaeus, 1758) – Красотіл пахучий, *Carabus estreicheri* Fischer von Waldheim, 1822 – Турун Ештрайхера, *Carabus menetriesi* (Faldermann in Hummel, 1827) – Турун Менетріє, *Rhysodes sulcatus* (Fabricius, 1787) – Різодес борозенчастий. Інформація про всі наведені види походить з другої половини XIX століття – початку XX століття. Тобто, підтверджується висновок, що відмінності між складом карабідофауни і чисельністю окремих видів, які виявлені у другій половині XIX та на початку XX ст. і сучасним, вказують на значні зміни, які відбулися в угрупованнях жуків-турунів протягом більш, ніж 100 років, а основними тенденціями цих змін є: 1) зникнення або зменшення чисельності степових та гігрофільних літоральних видів; 2) поява або збільшення чисельності лісових мезофільних та гігромезофільних видів (Різун, Капедюх, 2005). А, у зв'язку із, потеплінням клімату, яке спостерігається протягом останніх десятиліть можлива подальша трансформація карабідогруповнь, що може бути актуальним предметом досліджень.

Список літератури

1. Капелюх Я. І. З історії ентомологічних досліджень на території природного заповідника «Медобори». Наукові записки Державного природознавчого музею. Львів. 2013. Вип. 29. С.61-66.
2. Різун В. Б. Туруни Українських Карпат. Львів, 2003. 210 с.
3. Різун В. Б. Жесткокрылые Западного Волыно-Подолья. История изучения карабидофауны региона. Материал и методика исследований карабидофауны. Обзор жуужелиц Западного Волыно-Подолья. В: Экология и фауна почвенных беспозвоночных Западного Волыно-Подолья. Киев: Наукова думка, 2003. С.173-232.
4. Різун В., Капелюх Я. Фауна жуків-турунів (Coleoptera, Carabidae) природного заповідника "Медобори". Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. 2005. Вип.17. С.136-143.
5. Putschkov A. Ground beetles of the Ukraine (Coleoptera, Carabidae). In: Kotze DJ, Assmann T, Noordijk J, Turin H, Vermeulen R (Eds) Carabid Beetles as Bioindicators: Biogeographical, Ecological and Environmental Studies. ZooKeys. 2011. 100. P.503-515. doi: 10.3897/zookeys.100.1545

УДК 598.2:574.5(477.84)

**ВИДОВЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПТАХІВ РУСЛОВОЇ ЗОНИ
р. СЕРЕТ ГІДРОПАРКУ «СОПІЛЬЧЕ» (м. ТЕРНОПІЛЬ)**

Черевко С. Е., Шевчик Л. О.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: cherevko@chem-bio.com.ua

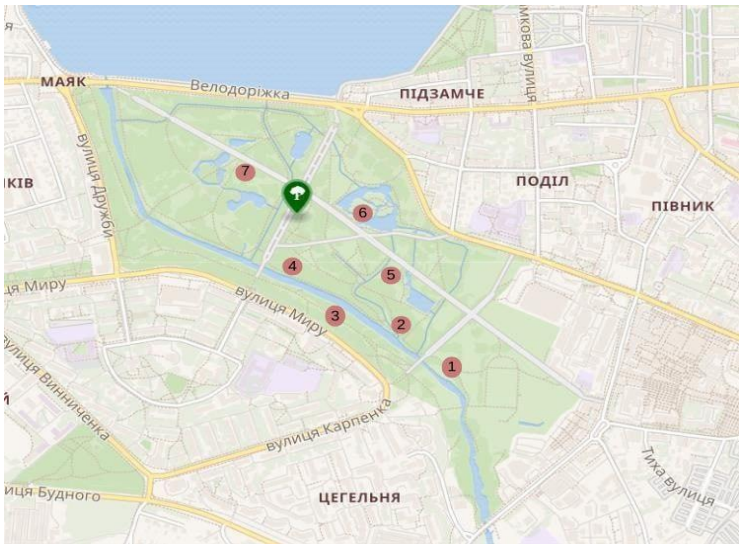
Доволі цікавим об'єктом вивчення для орнітологів є парки та гідропарки України. Найбільш активні дослідження проблеми датуються 1979 – 2018 роками і належали Бокотею А. А. (2000-2010), Гузію А.І. (1995), Майхруку М.І. (1984-2005), Талпошу В.С. (1979-1998), Фесенку Г.В. (2007-2018) [3].

Однак, дотепер вивчення птахів гідропарку Сопільче у

місті Тернопіль не знаходило належної уваги у працях науковців. Досі переважна більшість досліджень була орієнтована на інші відомі парки міста: парк імені Тараса Шевченка та парк Національного відродження, що пояснюється цілим рядом причин:

- Гідропарк Сопільче розташований в центрі міста, поблизу Тернопільського ставу, що робить його більш завантаженим відвідувачами, порівняно з іншими парками, які знаходяться поблизу.
- Територія парку має складний рельєф, з численними островами та озерами, що робить обстеження птахів більш трудомістким.
- Гідропарк Сопільче не мав такої ж наукової уваги, як інші парки Тернополя, що може бути пов'язано з його меншою доступністю, популярністю та різноманітністю птахів.

Таким чином, детальне вивчення орнітофауни гідропарку Сопільче на сьогодні є дуже важливою та актуальною проблемою [2].



План-схема антропогенного водного ландшафтного комплексу гідропарку Сопільче м. Тернополя. Координати: 49.54582° 25.58428°

Локація № 1. Руслова зона річки Серет

Локація № 2. Від вул. Митрополита Шептицького до мосту навпроти храму перенесення мощей Святого Миколая.

Локація № 3. Берег річки Серет.

Локація № 4. Міст біля вул. Миру, 7.

Локація № 5. Берег біля зоокутка гідропарку Сопільче.

Для оцінювання чисельності популяцій кожного виду на досліджуваній території загалом використано шкалу, запропоновану М. І. Майхруком [3]. Чисельність птахів визначали як кількість особин, котрих зустрічали на одиницю площі (1 км²) [4].

Орнітокомплекс руслової зони гідропарку Сопільче (м. Тернопіль) представлений 19 видами, що належать до 15 родів, 11 родин та 8 рядів. Найбільш численно у складі орнітокомплексу представлений ряд Горобцеподібні (*Passeriformes*) ($p_i=0,42$) з вираженим зменшенням частки таксономічного багатства у лійнійці рядів: Лелекоподібні (*Ciconiiformes*) ($p_i=0,1$), Гусеподібні (*Anseriformes*) ($p_i=0,1$), Голубоподібні (*Columbiformes*) ($p_i=0,1$), Дятлоподібні (*Piciformes*) ($p_i=0,05$), Пірникозоподібні (*Podicipediformes*) ($p_i=0,05$), Сивкоподібні (*Charadriiformes*) ($p_i=0,05$), Сиворакшеподібні (*Coraciiformes*) ($p_i=0,1$) [4,5].

Серед дев'ятнадцяти виявлених у районі дослідження видів: 9 –гніздових (47,4%), зокрема: 1 (5,3%) – гніздові, пролітні, 2 (10,5%) – гніздові, зимуючі та 6 видів (31,6%) – гніздові, пролітні, зимуючі. Дев'ять видів (47,4%) – осілі. Один вид (5,3%) – пролітний [5].

Щодо чисельності види розподілилися наступним чином: 9 (47,4%) звичайних (частота зустрічі 10,0 - 100,0 пар / 100 км²), 4 (21,1%) численних (100,0 - 1000,0 пар / 100 км²), 2 (10,5%) рідкісних (0,1 - 1,0 пар /100 км²); 4 (47,4%) нечисленних видів (1,0 - 10,0 пар /100 км²) [1].

Восени 2023-2024 років на різних ділянках р. Серет ідентифікували одинадцять видів. Із них у русловій зоні: пірникоза мала (*Podiceps ruficollis*) ($n = 2$), крижень (*Anas platyrhynchos*) ($n = 41$; із котрих ♀ 30 і ♂11), широконоска (*Anas clypeata*) ($n = 3$ на прольоті) , рибалочка (*Alcedo atthis*) ($n = 7$). Останні швидко ширяли вздовж русла у пошуках їжі інколи зависали у повітрі, виглядаючи їжу. Відпочивали у чагарниках на ділянці русла від вул. Митрополита Шептицького до мосту навпроти Храму перенесення мощей Святого Миколая та біля

джерела.

На березі річки 13.10. 2023 р ми спостерігали за жовною сивою *Picus canus*, котра була поряд із зграєю синиць: гаїчкою пухляком (*Parus montanus*) (n = 1), синицею чубатою (*Parus cristatus*) (n = 2), синицею великою (*Parus major*) (n = 7), дятлом звичайним *Dendrocopos major* (n = 3) та повзиком *Sitta europaea* (n = 2), які годувалася на стовбурах тополь.

У перших числах вересня на березі річки серед дерев та чагарників бачили зграйку кропив'янки прудкої (*Sylvia curruca*) (n = 6). Біля мосту за адресою вул. Миру 7 на деревах бачили припутня (*Columba palumbus*) (n = 8), а на доріжці – пару горлиці садової (*Streptopelia decaocto*).

Таким чином проведені дослідження орнітофауни руслової зони річки Серет гідропарку Сопільче у місті Тернопіль продемонстрували наявність представників наступних рядів орнітофауни : Горобцеподібні (*Passeriformes*), Лелекоподібні (*Ciconiiformes*), Гусеподібні (*Anseriformes*), Голубоподібні (*Columbiformes*), Дятлоподібні (*Piciformes*), Пірникозоподібні (*Podicipediformes*), Сивкоподібні (*Charadriiformes*), Сиворакшеподібні (*Coraciiformes*), відносна чисельність котрих доволі неоднорідна. Найбільше звичайних та нечисленних видів зі значним скороченням до численних та рідкісних видів.

Абсолютними домінантами досліджуваної ділянки були гніздові птахи, чисельність котрих зменшується від: гніздові, пролітні; та гніздові, зимуючі до гніздові, пролітні, зимуючі. Також виявлені осілі види та один пролітний вид – широконоса (*Anas platyrhynchos*). Жоден з описаних видів не занесений до Червоної книги України.

Список літератури

1. Гузій А. І. Класифікаційні та факторні методи в аналізі орнітогеографічних матеріалів. *Облік птахів: підходи, методики, результати* : збірник наук. стат. Другої міжнар. науково-практ. конф.(Житомир, 26–30 квіт. 2004 р.) С. 12–17.
2. Лихач І. Природні умови і ресурси міста Тернополя. *Студентський науковий вісник*. 2016. № 39. С. 143–146.
3. Майхрук М. І., Бокотей А. А. Птахи Тернопілля. Львів: Простір-М, 2019. 244 с.

4. Придеткевич С. С. Методичні підходи в дослідженні орнітоценозів антропогенних ландшафтів. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія*. Вінниця, 2010. Вип. 20. С. 123–129.
5. Фесенко Г. В, Бокотей А. А. Птахи фауни України (польовий визначник). Київ, 2002. 416 с.

РОЗДІЛ 4

БІОХІМІЯ ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

УДК 577.1 + 597.5 + 615.8.

ПРОЦЕСИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У РИБ ЗА ДІЇ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ (II)

Вовчек Н. О., Хоменчук В. О., Мяхкота О. П., Курант В. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

Метали, як есенціальні, так і токсичні, за умов підвищених їх концентраціях у воді є небезпечними через здатність до акумулювання, біомагніфікації та високу біологічну активність для гідробіонтів [1].

Кобальт є важливим мікроелементом, який у природних водних середовищах зустрічається в невеликих концентраціях [2]. Проте, у разі виникнення несприятливих умов, його вміст у поверхневих водах може значно зрости та спричинити його накопичення у компонентах гідроекосистем та токсичний вплив на водні організми. Зважаючи на це, актуальним є питання моніторингу кобальту у водних об'єктах.

Використання біоіндикаторних видів риб дає можливість оцінити токсичний вплив металів для навколишнього водного середовища [3]. Дослідження молекулярних, біохімічних і фізіологічних характеристик риб як біомаркерів дає змогу визначати токсичність металів та оцінювати ступінь забруднення водного середовища важкими металами [6].

Тому нами було досліджено особливості функціонування ферментів енергетичного обміну в тканинах прісноводних риб за дії сублетальних концентрацій іонів кобальту (II).

Для експериментальних досліджень було використано прісноводні види риб – карась сріблястий (*Carassius gibelio* Bloch.) і щука звичайна (*Esox lucius* L.) середньою масою 200—220 г та 150—170 г відповідно. Вивчали вплив кобальту у двох концентраціях, що в перерахунку на іони становило 0,1 та 0,25

мг/дм³. Метал додавали у воду акваріумів об'ємом 200 дм³, де знаходилися дослідні групи риб (по п'ять особин у кожному), у вигляді кобальт хлориду. Воду в акваріумах змінювали щодобово. Тварин під час досліджень не годували. Аклімацію риб здійснювали протягом 14 діб. Після зазначеного терміну риб забивали та відбирали тканини печінки та зябер за температури 4°C. У гомогенатах тканин визначали активність лактатдегідрогенази (КФ 1.1.1.27), сукцинатдегідрогенази (КФ 1.3.99.1) та цитохромоксидази (КФ 1.9.3.1). Отримані результати піддавали статистичному аналізу з використанням пакету «Microsoft Excel».

Лактатдегідрогеназа. Підвищений рівень активності лактатдегідрогенази є індикатором враження тканин риб, гіпоксії та слугує хорошим діагностичним інструментом у токсикології [6]. Аналіз отриманих результатів показав, що за впливу підвищених концентрацій іонів Co^{2+} відмічався дозозалежний характер змін активності лактатдегідрогенази у зябрах та печінці карася та щуки. Так, за дії 0,1 мг/л іонів кобальту відмічалася тенденція до зростання активності фермента як у печінці, так зябрах карася. Вплив 0,25 мг/л іонів кобальту призводив до зростання активності лактатдегідрогенази у 2,1 та 2,0 рази у тканинах печінки та зябер щодо контрольних значень.

Аналіз активності ензиму у зябрах та печінці щуки показав, що невисокі концентрації іонів металу (0,1 мг/л), як і у тканинах карася, не викликали достовірних змін активності лактатдегідрогенази. Разом з тим дія 0,25 мг/л іонів кобальту призводила до підвищення активності фермента у печінці щуки у 1,4 рази, що може свідчити про активацію гліколізу за високих концентрацій іонів кобальту [4]. Інший характер модуляції ЛДГ за впливу іонів кобальту був відмічений у тканинах зябер щуки, де активність фермента знижувалася у 2 рази порівняно з контрольними значеннями.

Сукцинатдегідрогеназа. Сукцинатдегідрогеназа є регуляторним ферментом циклу трикарбонових кислот та каталізує окиснення бурштинової кислоти до фумарової. Результати досліджень показали, що активність ензиму у печінці карася за дії підвищених концентрацій іонів кобальту не відрізняється від контрольних значень. Проте, відмічене

стимулювання ферментної активності печінки за дії 0,1 та 0,25 мг/л іонів. Іншу специфіку було відмічене для досліджуваного ферменту у тканинах зябер. В міру зростання концентрації Co^{2+} у воді збільшується рівень інгібування сукцинатдегідрогенази, досягаючи максимуму за впливу 0,25 мг/л іонів металу (у 2,8 рази).

За дії іонів Co^{2+} у печінці шуки не спостерігалось інгібування ферменту. Разом з тим, спостерігалось зростання активності сукцинатдегідрогенази у 1,7 рази за дії 2 ГДК іонів кобальту, тоді як за 0,25 мг/л іонів металу змін не було відмічено. У зябрах шуки на відміну від тканин печінки, прослідковується концентраційна залежність впливу кобальту –інгібування ензиму у 1,8 рази за впливу 0,25 мг/л іонів металу, та відсутність змін у функціонуванні фермента за дії 0,1 мг/л іонів Co^{2+} .

Цитохромоксидаза. Цитохромоксидаза відіграє визначальну роль у регуляції швидкості окисного фосфорилування, а також в знешкодженні активних форм кисню, енергетичному забезпеченні транспорту, зв'язування та детоксикації важких металів в організмі тварин. Аналіз отриманих результатів показав, що за дії 0,25 мг/л іонів Co^{2+} відбувається інактивація ензиму в мітохондріях печінки карася, тоді як за нижчої концентрації була відмічена тенденція до активації ферменту. Іони кобальту (II) виявляли інгібуючий ефект до цитохромоксидази в зябрах цього виду риби. При цьому процес інактивації мав пропорційний характер: за дії 2 і 5 ГДК ферментна активність зменшувалася в 1,7 та 3,0 рази.

У тканинах шуки характер модуляції активності цитохромоксидази за дії сублетальних концентрацій іонів кобальту мав подібний характер із тканинами карася. Так, за дії 0,1 та 0,25 мг/л кобальту було відмічене в однаковій мірі зниження активності ензиму в мітохондріях печінки.

За впливу обох концентрацій іонів кобальту у воді на активність цитохромоксидази зябер шуки спостерігалось пропорційне до концентрації іонів металу у воді зменшення активності ензиму – у 1,5 та 1,8 рази відповідно, що, очевидно, є наслідком змін внутрішньої мембрани мітохондрій та кінетичних параметрів ферментів дихального метаболізму.

Отже, іони кобальту порушують функціонування ензимів

енергетичного забезпечення печінки та зябер риб. При цьому, насамперед слід зазначити видову, тканинну та концентраційну специфіку змін ферментної активності. Так, вплив 0,1 мг/л іонів кобальту не викликав достовірних змін активності лактатдегідрогенази у тканинах щуки і карася, тоді як дія 0,25 мг/л іонів металу призводила в цілому до активації ферменту. Високі концентрації іонів кобальту (0,25 мг/л) призводили зниження активності сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази у тканинах риб, що, можливо, пов'язано з виснаженням системи аеробного енергозабезпечення.

Список літератури

1. DeForest D. K., Brix K. V., Adams W. J. Assessing metal bioaccumulation in aquatic environments: The inverse relationship between bioaccumulation factors, trophic transfer factors and exposure concentration. *Aquatic Toxicology*. 2007. Vol. 84, no. 2. P. 236–246.
2. Fraústo da Silva J J R, Williams R. J. P. The Biological Chemistry of the Elements: The Inorganic Chemistry of Life (Oxford, 2001; online edn, Oxford Academic, 31 Oct. 2023). P. 436–449.
3. Lam P. K. S. Use of biomarkers in environmental monitoring. *Ocean & Coastal Management*. 2009. Vol. 52, no. 7. P. 348–354.
4. Metal determination and biochemical status of marine fishes facilitate the biomonitoring of marine pollution / N. Kumar et al. *Marine Pollution Bulletin*. 2021. Vol. 170. P. 112682. URL: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112682> (date of access: 30.04.2025).
5. Parveen S., Bharose R., Singh D. Effect of tannery waste water on lactate dehydrogenase (LDH) enzyme activity of fresh water fish. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2017. Vol. 5(2). P. 643–647.
6. Sabullah M. K., Ahmad S. A., Shukor M. Y. et al. Heavy metal biomarker: fish behavior, cellular alteration, enzymatic reaction and proteomics approaches. *Int. Food Res. J.* 2015, Vol. 22. P. 435–454.

**ВПЛИВ МІКОТОКСИНУ В1 НА ВМІСТ ЗАГАЛЬНИХ
ЛІПІДІВ У ТКАНИНАХ *CARASSIUS CARASSIUS***

Гончаров Д. М., Ячна М. Г., Третяк О. П.

Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г. Шевченка

E-mail: m_yachna@ukr.net

Актуальним напрямом сучасної токсикології є дослідження мікотоксинів – вторинних метаболітів мікроскопічних грибів. Наразі відомо більше 100 груп. Причини, з яких гриби утворюють мікотоксини, остаточно не з'ясовані. Мікотоксини зазвичай послаблюють уражений організм або стримують розвиток конкуруючих організмів. Існує припущення, що гриби можуть використовувати мікотоксини для покращення умов своєї життєдіяльності. На сьогодні, їх використовують в різноманітних напрямках, від агротехнологій до ліків. Однак їхня дія на організм вивчена недостатньо. Наші попередні дослідження були спрямовані на вивчення токсичного впливу мікотоксину Т-2 на іхтіологічні показники [1].

Метою цього дослідження було вивчення та порівняння впливу афлотоксина В1 на загальні ліпіди в тканинах гідробіонтів. В якості експериментального об'єкта був обраний карась звичайний (*Carassius carassius*). Здатність гідробіонтів активувати біохімічні механізми адаптації у відповідь на токсичну дію мікотоксинів становить предмет особливого наукового інтересу.

Дослідження проводилося в лабораторії екологічної біохімії Національного університета “Чернігівський колегіум” імені Т.Г. Шевченка. Дослідні риби були розміщені в два резервуари по 400 літрів. Величина рН становила $7,30 \pm 0,29$, температура води $+5...+8^{\circ}\text{C}$ відповідала природній, У якості мікотоксину був обраний афлотоксин В1. Концентрація мікотоксину складала 2 ГДК. Період адаптації складав три доби, експериментальний період чотирнадцять діб. Дослідження проводили з додержанням Міжнародних принципів Гельсінської декларації про гуманне ставлення до тварин [3]. Концентрацію загальних ліпідів було визначено за допомогою реагентів для

визначення ліпідів фірми «Філісіт-Діагностика» (Україна).

Ліпіди є найважливішими компонентами організму риб. Структурні ліпіди риб забезпечують ефективну адаптацію до коливань екологічних умов. Будучи важливим регулятором плавучості риб, вони беруть участь в пластичному обміні, наприклад при формуванні статевих продуктів [2]. За впливу мікотоксина В1 показник загального вмісту ліпідів у м'язах становив $50,05 \pm 6,72$ г/л. Контрольна проба – $108,67 \pm 11,88$ г/л. Тобто, зафіксовано зменшення показника на 54%. При дії В1 на організм риб у зябрах показник сягнув $20,67 \pm 2,27$ г/л. Вміст загальних ліпідів у контрольній пробі становив – $65,33 \pm 7,18$ г/л. Таким чином, зафіксовано зменшення кількісного вмісту ліпідів на 68%.

В той же час при дослідженні тканин печінки та мозку встановили наступні результати. В печінці, за дії мікотоксину рівень загальних ліпідів становив – $87,33 \pm 10,48$ г/л. У контрольній пробі – $65,53 \pm 7,32$ г/л. Таким чином, зафіксовано збільшення на 33 %. Дія В1 на тканини мозку становила – $104,67 \pm 9,42$ г/л., при контрольній пробі – $34,66 \pm 4,61$ г/л. Зафіксовано збільшення вмісту ліпідів більш ніж у три рази.

Таким чином, досліджуючи вплив окремого мікотоксина з групи афлотоксинів, В1, було спостережено специфічну тканинну відповідь: в крові, зябрах та тканинах організму карася звичайного зафіксовано зниження кількісного вмісту загальних ліпідів. Напроти в мозку та печінці було спостережено підвищення. Мікотоксин В1 відомий своєю гепатотоксичною та нейротоксичною дією, що і підтверджують результати дослідження. Можна зробити висновок про можливе переродження пошкоджених клітин і загальне виснаження організму вцілому. Отже, здатність ліпідного обміну змінюватися у відповідь на зовнішні чинники є одним із механізмів підтримання відносної стійкості організмів до мікотоксинів.

Список літератури

1. Вплив мікотоксину Т-2 на іхтіологічні показники коропових риб / М. V. Zhelai та ін. Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology. 2024. Т. 84, № 1. С. 35–40.

2. Ляврін Б. З. Ліпідний обмін у риб малих річок Західного Поділля: автореф. дис. ... біол. наук : 03.00.10. Київ, 2020. 24 с.
3. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. UMS. 2002. P. 42-46.

УДК: 582.261.2

НАКОПИЧЕННЯ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЦИНКУ НА МЕТАБОЛІЗМ *CHLORELLA VULGARIS* Beij.

Колесницький Р. В., Горин О. І., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: bodnar@tnpu.edu.ua

Мікроводорості, зокрема *Chlorella vulgaris*, здатні ефективно акумулювати як метали, так і неметалічні мікроелементи завдяки високій адсорбційній здатності клітинних оболонок, відносно великій поверхні поглинання та активному транспорту речовин проти градієнта концентрації. Ці особливості дають змогу мікроводоростям накопичувати мікроелементи у кількостях, що значно перевищують їх вміст у водному середовищі [4, 6].

Chlorella vulgaris широко використовується як модельний об'єкт у біохімічних та біотехнологічних дослідженнях, зокрема для вивчення метаболізму, фотосинтезу та акумуляції корисних сполук [1, 2, 5, 6].

Цинк, у свою чергу, є ключовим елементом метаболізму клітин: входить до складу ензимів дихального ланцюга, фотосинтетичних пігментів та антиоксидантних протеїнів [1, 6]. Він бере участь у стабілізації клітинних мембран, регулює активність численних ензимів, зокрема супероксиддисмутази, і впливає на експресію генів, пов'язаних із ростом та розвитком. Цинк також відіграє важливу роль у процесах сигналізації, синтезі протеїнів та підтриманні осмотичного балансу клітини. Його дефіцит або надлишок може спричинити оксидативний стрес і порушення метаболічної рівноваги.

Метою даної роботи було з'ясування особливостей

накопичення цинку клітинами *Chlorella vulgaris*, зміни у пігментному складі, а також впливу цього елемента на активність енергетичних та антиоксидантних ензимів.

У результаті проведеного нами дослідження встановлено, що водорості інтенсивно накопичують цинк за його додаткового вмісту у середовищі в концентрації 5,0 мг/дм³. За зазначених умов кількість цього мікроелемента у біомасі клітин збільшилася у 12 разів порівняно з контролем. Водночас, мало місце включення цинку до складу внутрішньоклітинних макромолекул – кількість у протеїнах збільшилася у 4,5 раза, у ліпідах – майже у 6,5 рази, а у вуглеводах – у 3,7 раза щодо значень в контролі.

Разом з тим, додаткове надходження цинку у клітини хлорели може спричиняти певні функціональні та метаболічні зміни, передусім ті, які пов'язані з фотосинтезом, а відтак продуктивністю культури чи популяції. Зазначимо, що фотосинтез відіграє важливу роль в адаптації водоростей до впливу органічних і неорганічних іонів [1]. У зв'язку з цим, під час дослідження впливу цинку на *Ch. vulgaris*, було проаналізовано стан фотосинтетичного апарату. Так, за дії цинку спостерігалось підвищення вмісту хлорофілу *a* на 23 % у порівнянні з контролем, тоді як для хлорофілу *b* мало місце збільшення у 1,3 рази відповідно, а каротиноїдів – на 46,6%. Визначено, що зміни у співвідношенні пігментів, зокрема зменшення коефіцієнта хлорофіл *a*/хлорофіл *b*, свідчать про перебудову фотосинтетичних комплексів і адаптацію фотосистем до стресу, а зростання пігментного індексу (каротиноїди/хлорофіл *a*) на 20% підтверджує підвищення антиоксидантної активності клітин хлорели. Збільшення каротиноїдів, як потужних антиоксидантів, що відіграють важливу роль у захисті мембран хлоропластів, стабілізації хлорофілу та нейтралізації пероксидних радикалів [2, 4], свідчить про посилення фотосинтетичної активності клітин водорості в умовах впливу надмірного металічного навантаження.

Рівень ефективності енергетичних систем гідробіонтів загалом і водоростей зокрема є важливим індикатором здатності організмів адаптуватися до стресових умов середовища [3, 4]. З огляду на велику кількість ензимів, залучених до енергетичного обміну в клітині, у нашому дослідженні було проаналізовано

активність сукцинатдегідрогенази – учасника циклу трикарбонових кислот, цитохромоксидази – компонента електронно-транспортного ланцюга, а також глутаматдегідрогенази, яка інтегрує енергетичні й біосинтетичні процеси. Результати показали: підвищення активності цитохромоксидази *Ch. vulgaris* на 55% за дії Zn(II) порівняно з контролем, що свідчить про посилення аеробного дихання та потребу клітин у додатковій енергії для адаптаційних процесів; активація сукцинатдегідрогенази у 1,9 раза, яка підтверджує метаболічну перебудову клітин, оскільки СДГ бере участь як в енергетичному, так й у пластичному метаболізмі, що особливо важливо для швидкої адаптації клітин мікрободоростей [6].

Щодо глутаматдегідрогеназ, то активність НАДН- та НАДФН-залежних форм за дії Zn(II) перевищувала контроль у 2,5 та 1,4 рази відповідно. Це свідчить про активацію як енергетичних, так і азотних обмінних шляхів, що може бути пов'язане із включенням глутамату до циклу Кребса або синтезу нових біомолекул у клітинах хлорели [2, 5].

Водночас, антиоксидантні ензими клітин *Ch. vulgaris* демонструють специфічну залежність від додаткового вмісту цинку у середовищі. Так, спостерігалось підвищення в 1,8 раза активності глутатіонпероксидази та зниження в 1,6 раза активності супероксиддисмутази і в 1,2 раза каталази порівняно з контролем, що свідчить про активізацію захисних механізмів *Chlorella vulgaris* та, очевидно, зменшення потреби в елімінації супероксидів. Зростання активності ГПО, ймовірно, знижувало утворення супероксидних радикалів через ефективне перетворення кисневих форм. Антиоксидантний захист доповнювали неензимні компоненти, зокрема каротиноїди, рівень яких також підвищувався за дії цинку. Це сприяло збереженню пігментного апарату, зменшенню пошкодження мембран та загалом покращенню фізіологічного стану клітин [3, 4].

Отже, отримані результати демонструють потенціал застосування мікрободоростей для біоаккумуляції мікроелементів та біосинтезу цінних біомолекул з перспективою використання у біотехнології.

Список літератури

1. Грубінко В. В. Роль металів в адаптації гідробіонтів: еволюційно-екологічні аспекти. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія : Біологія. 2011. 3, С. 237–262.
2. Луців А. І., Грубінко В. В. Особливості поглинання Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} клітинами *Chlorella vulgaris* Beijer. Доповіді НАН України. 2013. № 7. С. 138–145.
3. Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann Bot.* 2003. Vol. 91, № 2. P. 179–194. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf118>
4. El-Naggar, A. H., Sheikh, H. M. Response of the green microalga *Chlorella vulgaris* to the oxidative stress caused by some heavy metals. *Life Sci. J.* 2014, 11 (10), pp 1349 – 1357. <https://doi.org/10.7537/MARSLSJ111014.197>
5. Gaur, J. R., Rai, L. C. Heavy metal tolerance in algae. In *Algal adaptation to environmental stresses physiological, biochemical and molecular mechanisms*; Rai, L. C., Gaur, J. P., Eds.; Springer-Verlag: Berlin, 2012; pp 363 – 389.
6. Nowicka B. Heavy metal-induced stress in eukaryotic algae-mechanisms of heavy metal toxicity and tolerance with particular emphasis on oxidative stress in exposed cells and the role of antioxidant response. *Environmental science and pollution research international*. 2022. 29(12), 16860–16911. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18419-w>

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАКЦІЙНОГО
СКЛАДУ ФОСФОЛІПІДІВ У ТКАНИНАХ КАРАСЯ І
ШУКИ ЗА ДІЇ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ
КОБАЛЬТУ**

Марків В. С., Хоменчук В. О., Мяхкота О. П., Курант В. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: markiv@chem-bio.com.ua

Стійкість біологічних мембран гідробіонтів до впливу різних чинників навколишнього середовища значною мірою залежить від їх ліпідних компонентів. Підвищені концентрації важких металів впливають на мембрани пойкилотермних організмів, включаючи риб, які для належного функціонування повинні підтримувати рідкокристалічний стан, що досягається завдяки компенсаторним перебудовам у складі фосфоліпідів (ФЛ), співвідношенні діацильних та ефірних видів ФЛ, розмірі, гідрофобності та заряді полярних груп у мембранних ФЛ [2].

Зростання кількості сфінгомієлінів (СФМ) підвищує жорсткість і компактність плазматичної мембрани. Крім того, встановлено, що СФМ пов'язаний з холестеролом (ХЛ), додатково ущільнює плазматичну мембрану і визначає жорсткі платформи, які кластеризують мембранні білки [1]. Підвищена жорсткість мембрани може захистити клітини від надмірного надходження металу [2].

Ліпіди біологічних мембран можуть електростатично зв'язуватися з катіонами двовалентних металів, що викликає підвищення їх проникності [7]. Кобальт, будучи складовою вітаміну В₁₂ та кофактором багатьох ферментів, є життєво важливим важким металом як для наземних, так і для водних організмів [5]. Однак надмірна концентрація цього металу може призвести до токсичних наслідків, зокрема до порушень структури та функціонування клітинних мембран. Полярні ліпіди є чутливими до зв'язування з іонами Со²⁺, і ця взаємодія може спричинити зменшення плинності біомембран та злипання ліпосом [8].

Тому актуальними є дослідження впливу сублетальних

концентрацій іонів кобальту на фракційний склад фосфоліпідів тканин прісноводних риб. Експеримент було проведено на дворічках карася сріблястого (*Carassius gibelio* Bloch.) та шуки звичайної (*Esox lucius* L.) із середньою масою 200-220 г та 150-170 г відповідно. Досліджували вплив кобальту у двох концентраціях, які в перерахунку на іони становили 0,1 та 0,25 мг/дм³. Метал у вигляді $\text{CoCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ вносили у воду акваріумів об'ємом 200 літрів, у яких розміщувалися досліджувані риби (по 5 особин в кожному). Термін утримання щук у токсичних умовах тривав 14 діб, що є достатнім для розвитку адаптивної реакції на дію стрес-чинника [6].

Для дослідження вмісту ліпідів та окремих класів фосфоліпідів використовували зразки зябер, печінки та спинних м'язів риб. Тканини подрібнювали на холоді в скляних гомогенізаторах з наступним екстрагуванням загальних ліпідів хлороформ-метаноловою сумішшю у відношенні 2:1 за методом Фолча [3].

Розділення полярних ліпідів здійснювали методом висхідної одномірної тонкошарової хроматографії на пластинках «Merck», Німеччина. Рухомою фазою служила суміш розчинників хлороформ : метанол : льодяна оцтова кислота : вода у співвідношенні 60:30:7:3. Отримані хроматограми проявляли у камері, насиченій парами йоду. Для ідентифікації окремих фракцій ліпідів використовували специфічні реагенти і очищені стандарти. Вміст фосфоліпідів у тканинах визначали за кількістю неорганічного фосфору за методом Васьковського [4]. Результати досліджень були статистично опрацьовані з використанням пакету Microsoft Office Excel та із використанням t-критерію Стьюдента.

У результаті аналізу даних у зябрах риб виявили достовірне збільшення вмісту ФХ на 15,4 % і 10,6 % у карася та на 4,5 % і 9,6 % у шуки за обох дослідних концентрацій кобальту. Схожа тенденція у обох видів риб спостерігається у вмісті СФМ, який зменшувався на 23,3 % і 12,6 % за обох концентрацій іонів металу у карася та на 9,4 % у шуки за 0,25 мг/дм³ іонів Co^{2+} . У зябрах шуки було відмічене достовірне зменшення ЛФХ на 18,6 % за 0,25 мг/дм³, ФЕА на 12,1 % за 0,1 мг/дм³, ФС на 27,8 % і 53,0 % за обох дослідних концентрацій кобальту. Вміст ФІ за 0,1

мг/дм³ зростав на 22,9 %, тоді як за 0,25 мг/дм³ знижувався на 11,0 % відносно контролю.

Вміст СФМ у печінці риб мав видоспецифічний характер, так як за обох дослідних концентрацій у карася цей показник зменшувався на 20,0 % і 22,1 %, а у щуки навпаки збільшувався – на 24,0 % і 26,6 %. Із спільного спостерігалось достовірне збільшення частки ЛФХ на 36,5 % у карася та тенденція до збільшення вмісту цієї фракції (на 15,4 %) у щуки за максимальної концентрації іонів металу. У печінці щуки за дії 0,1 мг/дм³ Со²⁺ зростав вміст ФС на 23,9 %, ФІ на 21,3 %, та зменшувалася частка ФЕА на 17,0 %. За 0,25 мг/дм³ іонів металу навпаки концентрація ФС знижувалася на 31,3 %, а частка ФЕА зростала на 31,6 %. Окрім того було виявлене достовірне зменшення ФХ на 16,4 % за максимальної концентрації металу, що корелює із зменшенням вмісту ЛФХ.

У м'язах карася виявили зменшення вмісту ФХ на 5,2 % та тенденцію до збільшення часток ЛФХ і ФЕА за 0,1 мг/дм³ іонів кобальту. Подібна картина спостерігалася у щуки за максимальної концентрації кобальту: достовірне зменшення ФХ на 9,9 % та збільшення ЛФХ на 58,2 %. У м'язах щуки за обох концентрацій металу нами встановлено збільшення частки СФМ (як і у печінці) на 28,2 % і 46,4 %, зменшення кількості ФІ на 13,2 % і 9,4 %, а також ФЕА на 15,9 % і 20,0 %. Вміст ФС за дії 0,25 мг/дм³ іонів кобальту збільшувався на 66,5 %.

Важливим функціональним показником біологічних мембран є співвідношення часток ФЛ/ФХ та ФХ/ФЕА. У зябрах досліджених видів риб мало місце зниження співвідношення ХЛ/ФЛ за дії 0,1 мг/дм³ і 0,25 мг/дм³ іонів кобальту на 24,0 % і 14,3 % у карася та на 34,4 % і 40,5 % у щуки. За впливу обох досліджених концентрацій іонів кобальту у карася даний показник достовірно зростав відповідно на 58,8 % і 47,1 % у печінці та на 31,6 % і 26,3 % у м'язах. У тканинах щуки, навпаки, спостерігалось зменшення співвідношення ХЛ/ФЛ на 12,5 % і 16,7 % у печінці та на 33,3 % у м'язах за дії 0,1 мг/дм³ і 0,25 мг/дм³ концентрації іонів металу.

Співвідношення ФХ/ФЕА у зябрах дослідних риб збільшувалося за обох концентрацій іонів кобальту відповідно на 31,5 % і 24,7 % у карася та 19,3 % і 13,6 % у щуки. У печінці риб

достовірні зміни спостерігалися тільки у тканинах щуки і мали дозозалежний характер. Так, за дії $0,1 \text{ мг/дм}^3$ металу показник збільшився на 17,4 %, а за $0,25 \text{ мг/дм}^3$ іонів кобальту зменшувався на 36,3 %. Достовірні зміни співвідношення ФХ/ФЕА у м'язах риб проявилися тільки за концентрації $0,1 \text{ мг/дм}^3$ іонів Co^{2+} і були видоспецифічними: зменшення на 12,0 % у карася та збільшення на 23,6 % у щуки.

Порівняння результатів, отриманих для карася, з аналогічними даними для щуки, свідчить про дещо відмінні шляхи адаптації до впливу іонів кобальту в різних тканинах цих риб. Усі вищезазначені зміни у складі фосфоліпідів мембран, викликані дією металу, свідчать про існування певних механізмів, спрямованих на підтримку функціонально активного рідкокристалічного стану ліпідної матриці мембрани через зміни часток окремих фракцій ФЛ і співвідношень ХЛ/ФЛ та ФХ/ФЕА.

Список літератури

1. Adada M., Luberto C., Canals D. Inhibitors of the sphingomyelin cycle: Sphingomyelin synthases and sphingomyelinases. *Chemistry and Physics of Lipids*. 2016. Vol. 197. P. 45–59.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2015.07.008>
2. Arambourou H., Llorente L., Moreno-Ocio I., Herrero Ó., Barata C., Fuertes I., Delorme N., Méndez-Fernández L., Planelló R. Exposure to heavy metal-contaminated sediments disrupts gene expression, lipid profile, and life history traits in the midge *Chironomus riparius*. *Water Research*. 2020. Vol. 168. P. 115165.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115165>
3. Folch J., Lees M., Stanley G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 1957. Vol. 226, no. 1. P. 497–509. URL: [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)64849-5)
4. Kates M. Techniques of Lipidology: Isolation, Analysis and Identification of Lipids. North-Holland Publishing Company. 1972. 342 p.
5. Kubrak O.I., Husak V.V., Rovenko B.M., Storey J.M., Storey K.B., Lushchak V.I. Cobalt-induced oxidative stress in brain,

- liver and kidney of goldfish *Carassius auratus*. *Chemosphere*, 2011, 85(6), P.983–989. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.078>
6. Nasri F., Heydarnejad S., Nematollahi A. Sublethal cobalt toxicity effects on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Croatian J. Fisheries*. 2019. Vol. 77 (4). P. 243-252. URL: <https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0018>
 7. Sule K., Anikovskiy M., Prenner E. J. Lipid Structure Determines the Differential Impact of Single Metal Additions and Binary Mixtures of Manganese, Calcium and Magnesium on Membrane Fluidity and Liposome Size. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24, no. 2. P. 1066. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms24021066>
 8. Umbsaar J., Kerek E., Prenner E.J. Cobalt and nickel affect the fluidity of negatively-charged biomimetic membranes. *Chem. Phys. Lipids*. 2018, Vol. 210. P. 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2017.11.016>

УДК 577.1.57.044:152.574.2: 597.54

ВПЛИВ ДІЇ МІКОТОКСИНІВ В1 ТА Т2 НА АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗУ В ТКАНИНАХ КАРАСЯ

Матюшко С. М., Міткевич А. О., Мехед О. Б.

Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т. Г. Шевченка

E-mail: mekhedolga@gmail.com

Мікотоксини – це вторинні метаболіти мікроскопічних грибів, які можуть потрапляти у водойми разом із сільськогосподарськими стоками або забрудненими кормами, що споживають риби. Найбільш токсичними серед них є афлатоксин В1 (AFB1) та трихотеценовий мікотоксин Т2 (Т-2), які відомі своєю гепатотоксичною, нейротоксичною та імуносупресивною дією. В умовах сучасного антропогенного навантаження, вивчення впливу цих токсинів на метаболічні процеси у рибах, зокрема на ключові ферменти глюконеогенезу, є надзвичайно важливим для екотоксикології та рибництва. Карась (*Carassius* sp.) – стійкий представник іхтіофауни прісних водойм України, що часто використовується як модельний об'єкт для

токсикологічних досліджень.

Метою нашого дослідження було встановити вплив мікотоксинів В1 та Т2 на активність ключових ферментів гліюконеогенезу – гліюкозо-6-фосфатази та фруктозо-1,6-дифосфатази – у різних тканинах (печінка, мозок, білі м'язи) карася та оцінити зміну активності гліюкозо-6-фосфатази під впливом АFB1 та Т-2 у печінці, мозку та білих м'язах карася. Завдання дослідження: визначити зміну активності фруктозо-1,6-дифосфатази в тканинах; порівняти вплив двох мікотоксинів за характером змін метаболічної активності; виявити тканинну специфічність у реакції на токсичне навантаження; встановити можливі механізми пригнічення гліюконеогенезу під впливом мікотоксинів.

Для дослідження використовували карася (*Carassius* sp.). Дослідження здійснювали у лютому-березні 2025 року. на базі Чернігівської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів та лабораторій Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка. Маса риб коливалась в межах 150-200 г. Регулярно контролювали гідрохімічний режим води. Кількість риб, що були задіяні в експерименті, становила 24 особини. Концентрацію мікотоксинів створювали шляхом внесення розрахункових кількостей речовини у гранично допустимій концентрації 2 ГДК в перерахунку на корм. Дослідження проводили з додержанням вимог Міжнародних принципів Гельсінської декларації про гуманне ставлення до тварин [6]. Активність ферментів визначається за кількістю неорганічного фосфату (Pi) [4], що вивільняється внаслідок ферментативного гідролізу субстрату (гліюкозо-6-фосфату або фруктозо-1,6-дифосфату) при інкубації з гомогенатом тканини [3].

Виявлено статистично значуще зниження активності гліюкозо-6-фосфатази у всіх досліджуваних тканинах під впливом обох мікотоксинів. Найбільше пригнічення спостерігалось у печінці при дії афлатоксину В1, що може свідчити про глибоке порушення гепатоцитарної функції синтезу гліюкози. У мозку й білих м'язах зміни були менш вираженими, однак також відчутними. Фруктозо-1,6-дифосфатаза зазнавала пригнічення у

всіх тканинах, з найвиразнішими змінами в печінці та мозку. Зниження активності цього ферменту свідчить про порушення проміжних етапів гліюконеогенезу, що узгоджується з метаболічною дестабілізацією при токсичному впливі. Обидва токсини пригнічують гліюконеогенез, але дія AFB1 була більш спрямована на печінку, тоді як T-2 виявив більш рівномірну токсичність у різних тканинах, зокрема чіткий вплив на мозкову тканину. Така відмінність може бути пов'язана з різним механізмом дії – AFB1 переважно впливає на ДНК та ферментні системи печінки, тоді як T-2 чинить системну токсичність через блокування білкового синтезу. ечінка виявилась найбільш чутливою до дії обох мікотоксинів, що логічно з огляду на її роль у гліюконеогенезі. Мозок також показав зниження активності ферментів, особливо при дії T-2, що вказує на ризик порушення енергетичного обміну в нервовій тканині. Білі м'язи виявились найменш чутливими – можливо, через їхню неосновну участь у гліюконеогенезі. Зниження активності ферментів може бути пов'язане з прямим впливом токсинів на синтез білків, ушкодженням клітинних мембран, порушенням функцій ендоплазматичного ретикулума та мітохондрій. Особливо у випадку AFB1, ймовірно утворення епоксидних метаболітів, які взаємодіють з ферментними структурами, а при T-2 – генерація окисного стресу та пригнічення транскрипції.

Висновки. У результаті експериментального моделювання встановлено, що мікотоксини афлатоксин B1 та T-2 суттєво порушують гліюконеогенетичну активність у тканинах карася. Найбільш виражені зміни зафіксовано в печінці, що свідчить про її високу чутливість до токсичного навантаження. Пригнічення ферментів гліюкозо-6-фосфатази та фруктозо-1,6-дифосфатази вказує на дестабілізацію метаболізму гліюкози на ключових етапах. Виявлено тканинну специфіку відповіді, що демонструє різну метаболічну вразливість органів до ксенобіотиків. Показано, що механізми токсичної дії можуть включати ушкодження ферментних структур, окисний стрес і порушення білкового синтезу.

Список літератури

1. Мехед О. Б., Яковенко Б. В., Жиденко А. О. Вплив зенкору на вміст гліюкози та активність ферментів

- глюконеогенезу в тканинах коропа лускатого (*Cyprinus carpio* L.) при різних температурах. *Український біохімічний журнал*. 2004. 76, №3. С. 99-103
2. Ромашкіна К. О., Садченко Н. М., Мехед О. Б. Зміни активності ферментів глюконеогензу в тканинах коропа за дії мікотоксину Т2. *Крок у науку: дослідження у галузі природничо-математичних дисциплін та методик їх навчання*. Збірник тез доповідей. Чернігів : НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2024. С. 80-81
 3. Bergmeyer, H. U. *Methods of Enzymatic Analysis*. Academic Press, 1974. 112-116
 4. Fiske, C. H., Subbarow, Y. *The colorimetric determination of phosphorus*. J. Biol. Chem., 1925. 66, 375–400.
 5. Symonova N. A., Mekhed O. B., Kupchyk O. Y., Tretyak O. P. Toxicants in the degradation of lipids in the organism scaly carp. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018. Volume 8, No 4. P. 6-10
 6. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. UMS. 2002. P. 424–46.

УДК 661.8'078.4:612.461.2

ВПЛИВ ДІЕТИЛФТАЛАТУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН НИРОК ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТВАРИН

Проданчук Л. Г, Кеца О. В.

Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів

E-mail: babych.liubov@chnu.edu.ua

Діетилфталат (ДЕФ) – хімічна сполука, яка належить до групи фталатів і широко використовується в різних галузях промисловості, включаючи виготовлення пластмас, фарб, ліків, продуктів побутової хімії, косметичних засобів, що зумовлює потенційні ризики для здоров'я людини та тварин [5]. Після потрапляння в організм, ДЕФ може метаболізуватися до активніших форм, зокрема до моноетилфталату (МЕФ), що має властивості, здатні викликати токсичний вплив на різні органи, включаючи нирки.

Нефротоксичний вплив ДЕФ може проявлятися через ініціацію процесів вільнорадикального окислення, запальних реакцій та порушення клубочкової фільтрації [3]. Проте більшість досліджень у цій галузі не дають однозначних результатів щодо рівня небезпеки впливу ДЕФ на функціонування нирок, оскільки дози, на яких спостерігалися негативні ефекти, зазвичай перевищували рівні, які отримує людина в повсякденному житті через контакт з побутовими товарами [2]. Тому, актуальним залишається вивчення впливу ДЕФ на функціональний стан нирок у дозах, які отримує людина з різних джерел надходження ксенобіотиків.

Мета дослідження – оцінити особливості змін рівня біохімічних маркерів функціонального стану нирок у сироватці крові щурів за умов введення різних доз та термінів введення ксенобіотика.

Дослідження проводили на білих безпородних щурах масою 160-180 г, яких розділили на групи: I – контрольна група, до якої увійшли інтактні щури (n=8); II – щури, які щоденно отримували ДЕФ у дозі 2,5 мг/кг маси тварин, що відповідає середнім дозам надходження ксенобіотика в організм людини (n=12); III – щури, які отримували ДЕФ у дозі 5,4 мг/кг маси тварин, що відповідає максимальним дозам надходження ксенобіотика в організм людини (n=14). Введення ксенобіотика здійснювали щоденно *per os* протягом 21 днів. Евтаназію тварин проводили на 14- та 21-шу добу після початку введення ДЕФ. Для оцінки функціонального стану нирок використовувалися сироватку крові. У сироватці крові визначали рівень креатиніну та сечовини.

Нирки – основний орган, який відповідальний за екскрецію продуктів метаболізму, токсичних речовин з організму [4]. Тому, порушення їх функціонального стану за дії ДЕФ може мати серйозні наслідки для здоров'я. Враховуючи потенційну небезпеку впливу ДЕФ на нирки, досліджено визначення рівня креатиніну та сечовини в сироватці крові щурів.

Результати проведених досліджень показали, що вже на 14-у добу після початку введення ДЕФ в організм спостерігалось незначне збільшення рівня креатиніну в сироватці крові, яке залежало від дози введенного ксенобіотика. Так, за умов введення

ДЕФ у дозі 2,5 мг / кг рівень креатиніну в сироватці крові збільшувався у 1,2 рази порівняно з контролем. Введення ДЕФ у дозі 5,4 мг / кг сприяло збільшенню рівня креатиніну в 1,5 рази порівняно з контролем. Триваліше введення ксенобіотика в організм тварин призводило до суттєвішого підвищення рівня креатиніну в сироватці крові як за умов дії ДЕФ у дозі 2,5 мг / кг, так і за дії ДЕФ у дозі 5,4 мг / кг, оскільки рівень креатиніну в 1,6 рази та 2,2 рази перевищував значення контрольної групи щурів відповідно. Збільшення рівня креатиніну в сироватці крові може свідчити про зменшення здатності нирок до ефективної фільтрації та виведення продуктів обміну речовин з організму. Ймовірно, продукти біотрансформації ДЕФ в організмі викликають токсичні ефекти на клітини нирок, зокрема пошкодження епітелію канальців нирок, дисфункціонування клітин клубочків, що може спричинити зменшення здатності нирок до реабсорбції та фільтрації різних сполук, включаючи креатинін. Тривалий вплив ДЕФ на організм може призводити до хронічного запалення в тканинах нирок, що порушує їх структуру і функціональність. Це може бути наслідком того, що коефіцієнт розподілу для ДЕФ між тканинами та плазмою найвищий у нирках [3].

Інший маркер функціонального стану нирок – рівень сечовини в крові. Аналіз рівня сечовини в сироватці крові показав схожий напрямок змін. Так, за умов уведення ДЕФ у дозі 2,5 мг / кг не спостерігалось суттєвого підвищення цього показника після двотижневого введення ксенобіотика, проте на 21-у добу експерименту рівень сечовини в сироватці крові у 1,4 рази перевищував значення контрольної групи щурів. Високі дози ДЕФ проявляли суттєвіший вплив на організм. Так, вже після двотижневого введення ксенобіотика рівень сечовини підвищувався у 1,4 рази, а після тритижневого введення – у 1,9 рази порівняно з відповідним показником контрольної групи щурів.

Підвищення рівня сечовини в сироватці крові у відповідь на введення ДЕФ вказує на порушення функції нирок, зокрема на зниження їх здатності до ефективної фільтрації та виведення продуктів метаболізму. Дозозалежний і часозалежний характер змін рівня сечовини підтверджує, що тривалий і високодозовий

вплив ДЕФ має виражені нефротоксичні ефекти [3].

Отже, підвищення рівнів креатиніну та сечовини в сироватці крові після введення ДЕФ свідчить про його нефротоксичний ефект, що порушує функцію нирок, знижуючи їх здатність до фільтрації та виведення продуктів метаболізму, особливо при високих дозах і тривалому надходженню ксенобіотика в організм.

Список літератури

1. Al-Eitan L. N., Aljamal H. A., Alkhatib R. Q. Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of sunscreens and their effects on mice liver and kidney enzyme function. Clin Cosmet Investig Dermatol. 2018. 12. P. 11-21.
2. Gutiérrez-García A. K., Torres-García D. A., De Leon-Rodriguez A. Diethyl phthalate and dibutyl phthalate disrupt sirtuins expression in the HepG2 cells. Toxicol Res (Camb). 2024. 13(4). tfae103.
3. Jeong S. H., Jang J. H., Cho H. Y., Lee Y. B. Risk assessment for humans using physiologically based pharmacokinetic model of diethyl phthalate and its major metabolite, monoethyl phthalate. Arch Toxicol. 2020. 94(7). P. 2377-2400.
4. Petejova N., Martinek A., Zadrazil J., Teplan V. Acute toxic kidney injury. Ren Fail. 2019. 41(1). P. 576-594.
5. Weaver J. A., Beverly B.E.J., Keshava N. et al. Hazards of diethyl phthalate (DEP) exposure: A systematic review of animal toxicology studies. Environ Int. 2020. 145. P. 105848.

UDC 577.576.546.48.59.085:599

THE COMPOSITION OF PROTEINS IN BLOOD SERUM OF RATS BY POISONED OF XENOBIOTICS

Kalinin I. V.¹, Hrubinko V. V.², Tomchuk V. A.¹

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

²Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

E-mail: kalininihor@gmail.com

The effect of heavy metals on a living organism is a powerful

stress factor that exists in the environment. The blood unites all the tissues and organs of the whole organism, an important component of which are proteins. The amount of proteins in the blood and their qualitative diversity reflects the state of various metabolic processes, protein metabolism, in particular, the immune status, other protective and adaptive abilities of the body [1].

Electrophoretic studies of blood proteins in electrophoretic systems with high resolution (in particular, in PAAG) are becoming relevant and promising. For this, it is necessary to establish the nature and physiological role of various protein components of blood. It is also important to ascertain the different variants of protein spectra characteristic of the normal state of the body.

The study was conducted on white male rats of the same age, weighing 180-200 g, kept under standard conditions of vivarium, with free access to food and water. Five groups of animals were studied: the first was intact (control), the second was orally administered with a solution of copper sulfate at a dose of 3 mg/kg, which is 1/10 of LD₅₀, and the third with a solution of zinc sulfate administered orally to rats which is 1/20 of LD₅₀, the fourth - cadmium sulfate solution was orally administered to animals at a dose of 1.5 mg/kg, which is 1/30 of LD₅₀, the fifth - lead solution of nitrate at 1.7 mg/kg was orally administered to animals, which is 1/50 of LD₅₀. Intoxication was carried out for 14 days. The work was carried out in accordance with the Council of Europe's Convention on the Protection of Animals, which are used for scientific purposes.

The fractional composition of serum proteins in rats was performed by DS-Na-PAG electrophoresis on a 14% polyacrylamide gel (0.75 M tris pH 8.9; SDS 0.2%, TEMED, PSA) according to Laemmli (1970). The protein concentration was determined using biuret reagent. Samples were prepared in a buffer containing 0.5 M tris pH 7.2; 2% SDS and β - mercaptoethanol. Electrophoresis was performed at a voltage of 100V. Gels were stained with 0.1% Coomassi R-250 in 7% CH₃COOH and 25% aqueous methanol. The unbound protein dye was washed with 7% CH₃COOH in 25% aqueous methanol. A protein Protein WM mixture was used as a molecular weight marker. The obtained gels were scanned and processed using Tabl Lab 4.01.

The study of serum proteins showed changes in the qualitative

and quantitative composition of the protein fractions in the control and under heavy metal intoxication rats. In rats after intoxication with heavy metals, the directivity in the redistribution of protein fractions on electropherograms was changed. In the second experimental group, the albumin fraction decreased by 17.3% compared with the control group. The fraction of γ - globulins increased by 2 times compared with the control group. β -, α_1 - and α_2 - globulin fractions did not change significantly. In rats of the third experimental group, changes in the ratio of low molecular weight protein fractions were found. The fraction of γ - globulins increased by 1.5 times compared with the control group. In experimental animals of the fourth and fifth groups, a decrease in the content of the albumin fraction by 25.7 and 21.2%, respectively, was found, compared with the control group. The fraction of γ -globulins increased 2.5 times in both groups compared with the control group. Stability relative to the effect of metals on the content of α_1 - and α_2 - globulins should be noted in all experimental groups of animals. Such an amount of the α -globulin fraction in the blood serum of animals is probably related to the adaptive functions of these proteins, primarily their well-known role in the processes of energy supply.

Thus, to assess the response of the protein system in the blood of animals to intoxication with heavy metal ions, an integral approach should be used, taking into account the possible causes of changes in the fractional composition of proteins. Indicative changes in the relative content of γ -globulins can be considered.

References

1. Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M.R. and Sadeghi, M. (2021). Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. *Frontiers in Pharmacology*, 12:643972. doi: 10.3389/fphar.2021.643972.

UDC 615.32:616-085

THE INFLUENCE OF FRUIT EXTRACTS OF DIFFERENT CULTIVARS OF THE CORNELIAN CHERRY ON ACTIVITY OF ANTIOXIDANT DEFENCE SYSTEM OF ERYTHROCYTES IN RATS WITH DIABETES MELLITUS

Moroz Anna¹, Brodyak Iryna¹, Kucharska Alicja², Sybirna Natalia¹

¹ Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine;

² Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Wrocław, Poland

E-mail: anna.moroz@lnu.edu.ua

Diabetes mellitus (DM) and oxidative stress are closely related. In particular, the intensification of non-enzymatic oxidation of hemoglobin to methemoglobin in erythrocytes in DM leads to the overproduction of reactive oxygen species, which deplete the content of antioxidants, resulting in oxidative stress. Marker indicators of oxidative stress development are impaired enzymes of antioxidant defense [4]. To prevent diverse disorders in the body due to the progression of oxidative stress, scientists are actively searching for new natural medicines based on plant raw materials. Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) is a perspective medicinal plant. Every day, new cultivars of cornelian cherry are being developed [2]. However, it is crucial not only to create new cultivars but also to analyze their biological properties. Additionally, it is necessary to select those cultivars that have stronger characteristics than the previously created ones. Therefore, the aim of the study was to investigate the effect of fruit extracts derived from the 'Uholok' and 'Koralovy' cultivars of *Cornus mas* L. and a mix of two hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* 'Jerzy' and 'Tomasz' cultivars on the activity of antioxidant enzymes – superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase and the level of principal antioxidant – reduced glutathione in erythrocytes of rats with streptozotocin-induced diabetes.

Type 1 DM was induced in animals by intraperitoneal administration of streptozotocin (55 mg/kg of bw). Experimental animals were divided into 5 groups: 1) control group; 2) rats with DM; 3) rats with DM that were orally administered fruit extract from the 'Uholok' cultivar of cornelian cherry; 4) rats with DM that were *per*

os administered fruit extract from the 'Koralovyi' cultivar of *Cornus mas* L.; 5) rats with DM that were orally administered extract from fruits of two hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* 'Jerzy' & 'Tomasz' cultivars. The animals of the third-fifth groups were treated with the extracts of cornelian cherry at a dose of 20 mg per 1 kg of b.w. for 14 days, starting from the 10th day of the DM induction. The dosage of extracts administration was based on the previous research [1, 3]. On the 25th day of the experiment, all rats were decapitated with ether anesthesia.

Our results showed a significant decrease in the activity of superoxide dismutase, catalase, and glutathione peroxidase, and the content of reduced glutathione in erythrocytes of rats with streptozotocin-induced diabetes. The administration of fruit extracts from the 'Uholok' cultivar of *Cornus mas* L. and the hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* 'Jerzy' & 'Tomasz' cultivars led to a 1.8 and 2.1-fold increase in the activity of superoxide dismutase, respectively. Significant increases in the catalase activity (by 2.0 and 1.6 times) were observed in blood erythrocytes of rats with DM, that were treated by fruit extracts from the 'Uholok' cultivar and the hybrids. Also, we revealed a notable rise in the glutathione peroxidase activity and the level of reduced glutathione were detected in diabetic rats that were administered all studied extracts of cornelian cherry.

So, the fruit extracts from the 'Uholok' and 'Koralovyi' cultivars of *Cornus mas* L. and a mix of two hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* 'Jerzy' and 'Tomasz' cultivars defend antioxidant enzymes of erythrocytes from reactive oxygen species. Presumably, this can be linked with a considerable content of biologically active substances, such as iridoids, anthocyanins, hydrolysable tannins, flavonols, and phenolic acids of extracts that might scavenge reactive molecules under diabetes 1 type.

References

1. Brodyak I., Moroz A., Bernacka K., Kucharska A. Z., Sybirna N. Alleviation of hyperglycaemia and oxidative stress by fruit extracts of different cultivars of the cornelian cherry (*Cornus mas* L. and *Cornus mas* × *Cornus officinalis*) in rats with diabetes mellitus. *Food & Function*. 2025. 16. P. 2136–2155. <https://doi.org/10.1039/D4FO05426A>

2. Klymenko S., Ilyinska A. The new earliest cultivar of cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Plant Introduction*. 2023. 97/98. P. 46–60. <https://doi.org/10.46341/PI2023002>
3. Moroz A., Brodyak I., Kucharska A.Z., Sybirna N. Anaerobic glycolysis and oxidative stress interrelation in erythrocytes under administration of *Cornus mas* L. fruit extracts to rats with streptozotocin-induced diabetes mellitus. *Studia Biologica*. 2024. 18 (2). P. 49–66. <https://doi.org/10.30970/sbi.1802.777>
4. Orrico F., Laurance S., Lopez A.C., Lefevre S.D., Thomson L., Möller M.N., Ostuni M.A. Oxidative stress in healthy and pathological red blood cells. *Biomolecules*. 2023.13, 1262. <https://doi.org/10.3390/biom13081262>

UDC 502/504:57(477.81) 577.47: 504.054

**MUTUAL INFLUENCE OF RARE EARTH ELEMENTS AND
Ca-CHANNEL BLOCKER ON THE BIVALVE MOLLUSCS**

**Yunko K¹., Khoma V⁵., Martyniuk V³., Gnatyshyna L⁴.,
Havryshkiv V¹., Karitonas R²., Gilytė B²., Baranovskiy V¹.,
Gladiuk M¹., Tulaidan H¹., Symchak R¹., Mudra A⁴.,
Manusadžianas L²., Stoliar O¹.**

¹ Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
Ternopil, Ukraine

² Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania

³ Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

⁴ I. Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil,
Ukraine

⁵ Ternopil Scientific Research Forensic Center of the Ministry of
Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine

E-mail: khomav@tnpu.edu.ua

Rare earth elements (REE) are considered "strategic elements", because in many modern technologies, including military industry, it is impossible to replace them with other elements due to their unique properties [4]. Consequently, rising of their entry into the surface waters from anthropogenic sources can be expected. Knowledge about the biological role of REEs is currently rather fragmentary and

contradictive, indicating both activation as well as oppression of the organism functionality [1,3]. At the cellular level, REEs can interfere with biological processes and structures: to disrupt enzyme activities and ions regulation [3]. Therefore, to elucidate the environmentally relevant effects of REEs on the biochemical processes in the aquatic organisms, it is important to verify the impact of selected most utilized REEs in the combination with the Ca-channel blocker nifedipine (Nfd). The Nfd is the aquatic pollutant of priority among the pharmaceuticals (The Top 300 of 2020). Due to its modulating effects on the essential metals (Zn, Cu) metabolism, that is coordinated with theca-related transport [3], this combination of pollutants can be of particular interest in the study of REEs toxicology.

Therefore, the goal of this study was to indicate the biochemical effects of two REEs, gadolinium (Gd) and yttrium (Y), individually and in mixture with Nfd, using the freshwater bivalve *Unio tumidus* as a model organism and metal binding functionality and stress responses as the molecular targets. The specimens of swollen river mussel *U. tumidus* from the pristine area were distributed randomly to four groups: untreated mussels (C) and treated with GdCl₃, 30 nM, YCl₃, 30 nM, or their mixture with Nfd (10 μM) during 14 days. Digestive gland was utilized for the analyzes. The applied spectrophotometric and chromatographic methods are described thoroughly in our previous work [5]. Briefly, nicotinamide coenzymes NADH and NAD⁺ were determined according to the enzymatic cycling assay based on the oxidation of ethanol to acetaldehyde with the reducing of NAD⁺. Reduced and oxidized glutathione (GSH&GSSG) were quantified by the glutathione reductase recycling assay using 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoate (DTNB) for thiols quantification. Metallothionein protein (MTSH) concentration was determined after the ethanol/chloroform extraction utilizing DTNB. For the determination of Zn bound to metallothioneins (ZnMT), these heat-denaturated proteins were isolated by chromatography on a Sephadex G-50. The concentration of Zn in the tissue (Zn t) and ZnMT were measured utilising the reaction of the complexation of Zn(II) with 5-Br-PAPS. For the evaluation of biotransformation activities, we analysed the activities of cytochrome P450 (CYP450) related ethoxyresorufin *O*-deethylase (EROD) by indication the formation of resorufin in the presence of NADPH, glutathione *S*-transferase (GST),

using GSH and 1-chloro-2,4-dinitrobenzene as the substrate, and GTP-ase dynamin utilising GTP as the substrate and malachite green for the determining of the released inorganic phosphorus. The caspase-3-related activity assay was based on the cleavage of peptide acetyl-Asp-Glu-Val-Asp p-nitroanilide (Ac-DEVD-pNA). The loss of lysosomal membrane integrity was analyzed utilising the Neutral Red Retention (NRR) assay. The IBM SPSS Statistics version 26 software for Windows was used for calculations.

The responses of reductive shift belong to almost unified responses to stress in facultative anaerobes like bivalve molluscs [5]. Present study confirms these previous findings. Indeed, all exposures caused the elevation of the NADH/NAD⁺ ratio from 0.56 until 1.03-1.15, particularly in the Mix-group. The level of GSH and GSSG increased simultaneously in all exposures, particularly in the Gd-group (GSH about five times), resulting in the rather stable rate GSH/GSSG (Fig. 1). The level of cysteine-rich protein MTHS increased in the Gd- and Y-groups but was corresponding to control value in the Mix-group. The part of ZnMT changed not so prominently, and, consequently, in all treated groups, the part of non-metalated protein increased promoting redox state of SH-groups [5]. The Zn concentration increased in all exposures by 15-32% leading to rise of Zn partitioning among other than ZnMT cellular targets. The biotransformation manifestations were more particular depending on the exposure. EROD activity increased in the Gd- and, particularly, in the Mix-groups, whereas GST was activated by Gd and depressed by Y and Mix. Importantly, dynamin-related GTP-ase activity increased in all exposures (up to two times in the Mix-group). The lysosomal membrane integrity decreased only in the Gd-group (by 32%). The caspase-3 activity was oppressed in the Gd-group, probably due to highest level of unbound to MT Zn, its inhibitor, but increased by Mix.

The comparison of the responses indicated in most cases the higher limits of responses in the Gd-group. Lifting of biotransformation and apoptotic activities demonstrated the cumulative effect in the presence of Nfd [2].

Conclusion. Low nM concentrations of REEs cause the adaptive metabolic responses in the mussels. The dependence on the Zn distribution within the cells was indicated, confirming the

interaction between REEs and essential metals activities and its distorting in the multiple exposure with Ca-channel blocker.

Funding source. The work was supported by bilateral Ukraine-Lithuania scientific project of Ministry of Education and Science of Ukraine (M/48-2024, M/48-2025) and Project No S-LU-24-13 under the Lithuanian-Ukrainian Cooperation Program.

References

1. Banaee M., Mossotto C., Maganza A., Azizi R., Prearo M., Pastorino P., Faggio C. Rare earth elements on aquatic organisms: Toxicity, detoxification, and ecological implications. *Emerging Contaminants*. 2025. Vol. 11. P. 100457. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100457>
2. Khoma V., Gnatyshyna L., Martynyuk V., Mackiv T., Mishchenko L., Manusadžianas L., Stoliar O. Common and particular biochemical responses of *Unio tumidus* to herbicide, pharmaceuticals and their combined exposure with heating. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021. Vol. 208. P. 111695. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111695>
3. Lachaux N., Otero-Fariña A., Minguez L., Sohm B., Rétif J., Châtel A., Poirier L., Devin S., Pain-Devin S., Gross E. M., Giamberini L. Fate, subcellular distribution and biological effects of rare earth elements in a freshwater bivalve under complex exposure. *The Science of the total environment*. 2023. Vol. 905. P. 167302. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167302>
4. Malhotra N., Hsu H. S., Liang S. T., Roldan M. J. M., Lee J. S., Ger T. R., Hsiao C. D. An Updated Review of Toxicity Effect of the Rare Earth Elements (REEs) on Aquatic Organisms. *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 1663. <https://doi.org/10.3390/ani10091663>
5. Martyniuk V., Matskiv T., Yunko K., Khoma V., Gnatyshyna L., Faggio C., Stoliar O. Reductive stress and cytotoxicity in the swollen river mussel (*Unio tumidus*) exposed to microplastics and salinomycin. *Environ Pollut.* 2024. Vol. 350. P. 123724. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123724>

РОЗДІЛ 5

ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

УДК 616.-007-053.1

**АНАЛІЗ ВРОДЖЕНИХ ПАТОЛОГІЙ У
НОВОНАРОДЖЕНИХ М. ТЕРНОПОЛЯ ТА
ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Ільчишин М., Крижановська М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: ilchushunmari@gmail.com

Генетичні аномалії – це порушення у структурі або функції генів чи хромосом, які призводять до різноманітних патологій, аномалій розвитку або спадкових захворювань. Вони можуть виникати внаслідок змін у ДНК або порушень у кількості чи структурі хромосом. Також можуть бути вродженими (з моменту народження) або виникати внаслідок змін у генетичному матеріалі впродовж життя [1, 4].

Слід розрізняти терміни «спадкові» та «вроджені» захворювання, «спадкові» та «сімейні» захворювання. Вроджені хвороби – це хвороби, які проявляються з момент народження. До них відносяться як спадкові хвороби, і неспадкові. Наприклад, неспадковими є вроджені вади розвитку, які сформувалися під дією тератогенних факторів, а також уроджені інфекції. З іншого боку, не всі спадкові хвороби є вродженими. Частина з них проявляється вперше у дитячому, підлітковому, зрілому і навіть старечому віку [5].

Усю спадкові патології можна поділити на такі групи:

1. Генні хвороби – хвороби, викликані генними мутаціями (галактоземія, фенілкетонурія, гемофілія, албінізм, хвороба Гірке, Гоше, Німанна- Піка, Тея- Сакса, муковісцидоз та ін.).

2. Геномні хвороби – обумовлені зміною числа хромосом (синдроми Клайнфельтира, Дауна, Патау, Едвардса, Тернера та ін.).

3. Хромосомні хвороби – виникають через структурні зміни

в хромосомі (синдром “котячого крику”, Вольфа – Гіршгорна)

4. Мультифакторіальні захворювання - це змінений генотип особи і різних факторів навколишнього середовища (цукровий діабет, клишоногість, гіпертонічна хвороба, шизофренія, заяча губа та ін).

5. Хвороби, зумовлені генетичною несумісністю матері та плода (наприклад, гемолітична хвороба новонароджених, обумовлена несумісністю матері та плода за резус-фактором, антигенами груп крові АВ0 та іншим груповим антигенам).

6. Генетичні хвороби соматичних клітин – хвороби, зумовлені соматичними мутаціями (пухлини, деякі спорадичні випадки вроджених вад розвитку) [2, 3].

Вроджені вади розвитку (ВВР) залишаються однією з провідних причин дитячої захворюваності, інвалідизації та смертності в усьому світі. За даними ВООЗ, щороку приблизно 6% усіх новонароджених мають ту чи іншу форму вродженої патології. Значна частка таких станів обумовлена генетичними або тератогенними чинниками, а їх виявлення на ранніх етапах дозволяє оптимізувати як лікувальні, так і профілактичні заходи. У контексті регіональної медицини особливої уваги потребує аналіз статистичних показників ВВР на місцевому рівні, що дозволяє визначити характерні тенденції та окреслити напрямки підвищення ефективності медико-генетичної допомоги населенню..

Мета. провести аналіз частоти та структури вроджених вад розвитку серед новонароджених у місті Тернопіль у 2023–2024 роках, з урахуванням змін динаміки показників та виявлення провідних форм патології.

Матеріали та методи. У процесі роботи використано статистичний аналіз медичних звітів, описовий метод, порівняльний аналіз, метод узагальнення, а також систематизацію даних згідно з класифікацією вроджених вад.

Основні результати. У 2023 році в місті Тернопіль народилося 5398 дитини, з яких вроджених вад розвитку 1,15% від загальної кількості. У 2024 році зареєстровано 4960 новонароджених, з яких ВВР 0,8%. Спостерігається зниження як абсолютної кількості народжених, так і питомої ваги новонароджених із вродженими вадами.

У 2023 році найбільшу частку становили:

- Вади серцево-судинної системи – 0,33%
- Аномалії шлунково-кишкового тракту та черевної стінки – 0,19%
- Вроджені вади обличчя – 0,19%
- Патології сечостатевої системи – 0,16%
- Хромосомні порушення – 0,04%
- У 2024 році структура змінилася:
- Хромосомні патології – 0,21%
- Патології ЦНС – 0,15%
- Вади ШКТ – 0,15%
- Сечостатеві аномалії – 0,10%
- Серцево-судинні вади – 0,07%
- Виявлені зміни можуть бути пов'язані з кількома чинниками:
- Змінами у віковому складі вагітних (зростання частки жінок віком понад 35 років).
- Впливом зовнішніх тератогенних факторів (екологічна ситуація, інфекції, медикаменти).
- Покращенням або зниженням рівня діагностики на пренатальному етапі.
- Удосконаленням методів обліку та реєстрації ВВР у пологових стаціонарах.

Висновок. Глибоке розуміння причин і механізмів виникнення генетичних аномалій є надзвичайно важливим для медицини. Воно дозволяє вдосконалювати методи діагностики, розробляти ефективні підходи до лікування та створювати превентивні програми, спрямовані на зменшення впливу негативних факторів. Підвищення обізнаності суспільства про вплив способу життя, екології та генетичних ризиків допомагає знизити частоту таких патологій, що сприяє зміцненню здоров'я майбутніх поколінь.

Проведений аналіз засвідчив помірне зниження частоти ВВР серед новонароджених у м. Тернополі та Тернопільській області у 2024 році порівняно з 2023 роком. Водночас було зафіксовано зсув у структурі вроджених аномалій з переважанням хромосомних патологій. Отримані результати

підтверджують необхідність подальшого моніторингу та впровадження ефективних програм пренатального скринінгу й консультативної генетики для зниження ризику народження дітей із тяжкими вадами розвитку.

Список літератури

1. Antsaklis P., Daskalakis G. Prenatal screening and diagnosis in modern obstetrics. *Hippokratia*. 2020;24(1):7,13.
2. Milunsky A. *Genetic Disorders and the Fetus: Diagnosis, Prevention and Treatment*. Wiley-Blackwell, 2015. 1456 p.
3. Белобров В. О., Горелов М. М., Седляр І. А. Медична генетика: підручник. Вінниця: Нова книга, 2018.
4. Гнатейко О. З., Ковальчук Л. В. Основи медичної генетики та генетичного консультування. Львів: ЛНМУ, 2016.
5. Ємец Ю. В., Остапченко Л. І. Генетика людини: навчальний посібник. Київ: Наук. думка, 2019.

УДК [581.165+582.998]:[60+602.7]

**АДАПТИВНІ МОДИФІКАЦІЇ РОСЛИН ВИДІВ РОДУ
CARLINA L. ЗА РІЗНИХ УМОВ РОСТУ *IN VITRO* ТА
*IN SITU***

Колісник Х. М.¹, Грицак Л. Р.¹, Бойко Д. А.², Дробик Н. М.¹

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького (Північний кампус)

E-mail: kolisnikhristina32@gmail.com

Сучасні тенденції розвитку фармацевтичної галузі супроводжуються посиленням попиту на екологічно чисту рослинну сировину. Однак, глобальні кліматичні зміни ускладнюють збереження генофонду цінних рослин як джерела сировини для медицини та фармацевтичної промисловості.

До таких цінних лікарських рослин, яким необхідна охорона на території України, відносяться види роду *Carlina* L., зокрема, відкасник татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawłm) і відкасник осотоподібний

(*Carlina cirsioides* Klovov). Вони увійшли до Червоної книги України (2009) та належать до категорії вразливих [2]. Швидкими темпами зменшується й ареал регіонально-рідкісного відкасника безстеблового (*Carlina acaulis* L.). Для вирішення цієї проблеми ефективними є біотехнологічні методи культивування *in vitro*. Технологія збереження високогірних видів була розроблена Грицак Л., Дробик Н. (2019) та успішно реалізована для видів роду *Gentiana* на базі лабораторії екології та біотехнології ТНПУ імені Володимира Гнатюка [1]. Ця технологія була взята за основу для вивчення можливості підвищення адаптивного потенціалу рослин відкасників ще на стадії *in vitro* до умов *ex vitro*. Враховуючи вище зазначене, мета роботи полягала у вивченні впливу світлових режимів та елементного складу живильного середовища на адаптивний потенціал рослин *in vitro* рідкісних лікарських видів роду *Carlina*.

Реалізація поставленої мети передбачала дослідження фізіологічних характеристик рослин видів роду *Carlina* у природних місцях зростання та визначення критеріїв-маркерів, за якими можна оцінити функціональні перебудови рослин на етапі культивування *in vitro*.

Результати досліджень показали, що екологічні та географічні умови зростання видів впливають на загальний вміст пігментів у їх листках та співвідношення їхніх груп. Найвищий загальний вміст пігментів (131,20 мг/100 г сирої маси) властивий виду *C. cirsioides*, дещо менші показники притаманні високогірному виду *C. acaulis* (115,90 -128,80 мг/ 100 г сирої маси), тоді як у рослин виду *C. onopordifolia*, які тяжіють до відкритих, лучних ділянок, загальний вміст пігментів є найнижчим (109,20 мг/100 г сирої маси). Особливості вмісту пігментів позначилися на їх відношеннях у пігментному комплексі. Найвищим (4,38-4,66) відношення вмісту хлорофілу *a* до *b* є у рослин *C. acaulis*, а найнижчим (2,0) – у *C. onopordifolia*. У досліджених видів відношення хлорофілів (*a* + *b*) до каротиноїдів є найменшим у *C. acaulis* з обох місць зростання і найбільше – у *C. onopordifolia*. Аналіз отриманих результатів показав, що є відношення хлорофілу *a* до *b* та (*a* + *b*) до каротиноїдів є найбільш сталими параметрами, тому можуть бути використані як критерії-маркери для оцінювання функціональних

перебудов рослин на етапі культивування *in vitro*. Ще одним критерієм який дозволяє функціональний стан ФСА є індукція флуоресценції хлорофілу *a*. Результати досліджень показали, що показник життєздатності рослин (Rfd) у виду *C. onopordifolia*, що зростають у природному середовищі, є у двічі менше за оптимальне значення (≥ 2). У представників виду *C. cirsioides* показники Rfd є меншими у 1,61 рази відносно нормативного рівня. Це вказує на перебування видів *C. onopordifolia* та *C. cirsioides* у стресових умовах у природі. Показано, що показники транспірації, водного дефіциту та вологоутримувальної здатності рослин з природи також можна використовувати як критерії-маркери для оцінки фізіологічного стану рослин *in vitro*.

Культивування рослин в умовах *in vitro* передбачало оцінку впливу на їх фізіологію різних світлових умов вирощування, елементного складу живильного середовища та екзогенних стимуляторів росту. Реалізація цього завдання передбачала тестування 2 варіантів корекції світлових режимів: 1 варіант – інтенсивність світлового потоку в області ФАР 85 Вт/м², лампи ЛХБ, сумарний спектральний склад: Ес : Ез : Еч = 33% : 42% : 25%; 2 варіант – інтенсивність 100 Вт/м², співвідношення ламп ЛХБ до ФЛ - 0,7:1,0, спектральний склад Ес : Ез : Еч = 25% : 27% : 48%.

Дослідження показали, що пігментний комплекс культивованих *in vitro* рослин динамічно реагує на зміну світлового режиму їх вирощування. З'ясовано, що за культивування в світлових умовах 1 варіанту не лише значення відношення Chl *a/b*, але й загальний вміст пігментів у рослин видів *C. acaulis* і *C. onopordifolia* наближені до показників рослин з природи. Однак жодний із досліджених варіантів світлової корекції не відповідає потребам у світлозабезпеченні виду *C. cirsioides*. Останнє підтверджує наше припущення, що *C. cirsioides* належить до групи тіньовитривалих рослин, яким необхідна менша інтенсивність світлового потоку.

Порівняльний аналіз змін індукції флуоресценції хлорофілу *a* у рослин з природи та з умов *in vitro* показав мають значні розбіжності у перебігу первинних процесах фотосинтезу. Вищі показники ефективності запасаєння енергії світла ФС II, квантового виходу ФС II, життєздатності рослин на фоні нижчих

значень теплової дисипації вказують на більшу відповідність умов 1 варіанту біологічним потребам у світлі рослинам *in vitro* видів *C. acaulis* і *C. onopordifolia*.

Результати досліджень вказують й на динамічну залежність показників водного режиму рослин від спектрального складу світла в умовах *in vitro*. За критеріями-маркерами функціонального стану рослин *in vitro* параметри водного режиму рослин у виду *C. onopordifolia* є наближеними за 1 варіанту освітлення, а у виду *C. cirsioides* – 2 варіанту світлової корекції.

Тестування впливу на морфо-фізіологічні параметри елементного складу живильного середовища показало, що для культивування рослин *in vitro* виду *C. acaulis* найдоцільніше використовувати середовище, оптимізоване відповідно до складу ґрунтів з природних місць зростання. Показники збільшення довжини листкової пластинки ($2,12 \pm 0,95$ см) та утворення нових листків ($5,50 \pm 1,12$ шт.) і коренів ($3,75 \pm 1,44$ шт.) є за таких умов вирощування найбільшими. Найбільш сприятливим у видів *C. cirsioides* та *C. onopordifolia* для процесів ризогенезу ($5,43 \pm 1,80$ см та $4,18 \pm 2,14$ см відповідно) виявилось модифіковане живильне середовище за вмістом Фосфору, Кальцію та Азоту, умови якого були задовільними і для показників утворення ($2,57 \pm 1,18$ шт. та $1,82 \pm 0,89$ шт. відповідно) та росту листкових пластинок ($2,29 \pm 1,03$ см та $2,47 \pm 1,36$ см відповідно).

Отже, встановлено, що еволюційно сформовані особливості видів відіграють основну роль для оптимізації умов вирощування в культурі *in vitro* рослин видів роду *Carlina*. Врахування потреб видів у світловому режимі та елементах мінерального живлення дозволяє нівелювати специфічний вплив умов культивування *in vitro* на фізіологію рослин та, відповідно, підвищити їх адаптивний потенціал до умов *ex vitro*.

Список літератури

1. Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Розробка технології збереження високогірних видів роду *Gentiana* L. із використанням стратегії «Quasi» *in situ* та методів біотехнології. *Екологічні науки*. 2019. № 25. С. 169–176
2. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я. П. Дідуха. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.

УДК 582.998.2:57.085.2:615.322

***RHODIOLA ROSEA* L. TA *RHODIOLA SEMENOVII* (REGEL & HERDER) BORISS)): ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТИВУВАННЯ
*IN VITRO***

Мішук О. О., Колісник Х. М., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: kolisnikhristina32@gmail.com

На сьогоднішній день велику увагу вчених привертають рослини дикорослого походження з метою розширення номенклатури вітчизняної лікарської рослинної сировини та одержання на їх основі фітопрепаратів. Останні характеризуються широким спектром фармакологічної дії і володіють меншими побічними ефектами порівняно з синтетичними препаратами. Сучасна офіційна медицина реєструє десятки нових препаратів кожного року, які є біохімічними компонентами лікарських рослин [1, 2].

Одними із таких лікарських рослин є представники роду *Rhodiola* – родіола рожева (*Rhodiola rosea* L.) та родіола Семенова (*Rhodiola semenovii* (Regel & Herder) Boriss)). Ці види рослин добре відомі в народній медицині, оскільки препарати на основі їх коренів та кореневищ використовують для покращення фізичного стану, лікування анемії, розладів травної та нервової систем, а також мають протитуберкульозну, протипухлинну, антиоксидантну, антигіпоксичну дію [3]. Вид *Rh. rosea* потребує охорони у багатьох країнах світу, в тому числі і в Україні.

Оскільки ці рослини знаходяться під загрозою повного знищення, слід розробляти і впроваджувати заходи щодо відтворення та збагачення їхніх популяцій, і тому використовують культивування *in vitro*, як спосіб масової регенерації рослин. Клітини рослин *in vitro* зберігають належний інтактним рослинам біосинтетичний потенціал і можуть бути джерелом важливих продуктів клітинного метаболізму. Ця особливість клітин рослин, що культивуються, використовується для створення технологій з метою отримання промисловим методом цінних речовин. Тому, цей спосіб можна використати для збереження і відтворення видів *Rh. rosea* та *Rh. Semenovii* [1,

3].

Враховуючи вище зазначене, метою роботи було введення в культуру *in vitro* *Rh. rosea* та *Rh. semenovii*, а також отримання культури тканин і органів цих видів.

У ході досліджень нами було підібрано оптимальні умови для стерилізації насіння *Rh. rosea* та *Rh. semenovii*. При цьому виявилось, що найбільш ефективним для покращення схожості насіння було поєднання холодової стратифікації (+3 – +4°C) та обробки гібереловою кислотою в концентрації 1000 мг/л. Для *Rh. rosea* найбільший показник схожості насіння становив 91 % у січні, а для *Rh. semenovii* – 65 % у лютому. Під час проведення дослідження нами було отримано життєздатні морфологічно нормальні асептичні проростки *Rh. rosea* та *Rh. semenovii*, які використано як вихідний матеріал для подальших досліджень. На наступному етапі ми підібрали склад живильних середовищ для росту та вкорінення рослин *Rh. rosea* та *Rh. semenovii*. Оптимальними для росту підземної частини *Rh. rosea* виявилось живильне середовище МС з додаванням 0,1 мг/л НОК, а для надземної – середовище, доповнене 0,15 мг/л Кін. У випадку *Rh. semenovii* для росту підземної частини рослин найкращим серед протестованих було середовище МС/2 з додаванням 0,1 мг/л Кін і 0,1 мг/л ГК₃, а для кількісних змін параметрів надземної частини – середовище з 0,15 мг/л Кін (для росту рослин) та з 0,1 мг/л НОК (для збільшення кількості пар листків).

Подальші дослідження були спрямовані на підбір умов для калусогенезу. Відтак, нами було визначено, що найбільшою підтримуючою здатністю для індукції калусоутворення з корневих та листових експлантів *Rh. rosea* характеризувалося живильне середовище МС/2, доповнене 1 мг/л БАП та 0,5 мг/л 2,4-Д. За таких умов сформований калус мав жовтувате забарвлення та щільну консистенцію. Виявлено, що середовище МС/2, доповнене 1 мг/л БАП і 0,5 мг/л 2,4-Д (рН 5,7), мало найбільшу підтримуючу здатність і для проліферації калусу.

Окрім цього, нами було досліджено початкові етапи прямого органогенезу на експлантах різного походження *Rh. semenovii*. Аналіз результатів показав, що найвищу ефективність регенерації із листових та стеблових експлантів виявлено на живильному середовищі МС/2, доповненому

1 мг/л БАП і 0,5 мг/л 2,4-Д, із кореневих – на цьому ж середовищі із додаванням 1,5 мг/л БАП і 0,5 мг/л НОК.

Отже, на основі комплексного дослідження *Rh. rosea* та *Rh. semenovii* нами було підібрано умови проростання насіння, мікроклонального розмноження і росту рослин, індукції калусоутворення та прямого органогенезу *in vitro*. Запропоновані способи культивування рослин *Rh. rosea* та *Rh. semenovii in vitro* можуть бути використані з метою одержання достатньої кількості потрібного для різнопланових досліджень рослинного матеріалу цих видів.

Список літератури

1. Мусієнко М. М., Панюта О. О. Біотехнологія рослин. Навчальний посібник. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. 114 с.
2. Саратіков А.С. Родіола рожева – цінна лікарська рослина (золотий корінь) / А.С. Саратіков, Е.А. Краснов. – Томськ : ТГУ, 1987. – 251 с.
3. Токарський О.Ф. Родіола рожева – цінна лікарська рослина та особливості її вирощування з насіння / О.Ф. Токарський // Охорона, вивчення та збагачення рослинного світу. – К., 1973. – С. 91-96.

УДК [582.998.1 : (581.142 + 581.143) +58.085

**ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ І РІСТ РОСЛИН ВИДІВ РОДУ
CARLINA L. ЗА РІЗНИХ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ
*IN VITRO***

Сорока О. В., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: soroka.olha01@gmail.com, drobyk.n@gmail.com

Збереження біорізноманіття та відновлення популяцій рідкісних і зникаючих видів рослин є одним із пріоритетів сучасної ботаніки, екології та фармакології. Особливої уваги заслуговують лікарські рослини, занесені до Червоної книги України (2009). Наприклад, рослини роду *Carlina* L., які мають

важливе значення для наукової та народної медицини завдяки цінним вторинним метаболітам, зазнають антропогенного пресингу, зокрема: надмірного збирання, знищення природних місць росту, змін клімату тощо [3]. У зв'язку з цим, виникає нагальна потреба у розробці ефективних методів збереження, розмноження та культивування цих видів.

Технологія культивування *in vitro* відкриває нові можливості для відновлення популяцій цінних рослин, дозволяючи не лише зберігати генофонд, а й отримувати рослинний матеріал у контрольованих умовах без шкоди для дикорослих популяцій. Проте для успішного застосування таких методів необхідне глибоке розуміння процесів проростання насіння та росту рослин за різних умов культивування з урахуванням видоспецифічних особливостей [1, 2].

Матеріалом для дослідження слугувало насіння відкашників, а саме: відкашник татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Bess. ex Szaf., Kulcz. et Pawl.), відкашник осотоподібний (*Carlina cirsioides* Klok) та відкашник безстебловий (*Carlina acaulis* L.), зібране з їхніх природних місць росту.

З огляду на важливу роль оптимізації умов культивування *in vitro* для успішного проростання насіння та подальшого росту відкашників, у рамках дослідження було випробувано дію регуляторів та стимуляторів росту різної природи. Серед них класичні фітогормони: гіберелова кислота (ГК₃), індоліл-3-масляна кислота (ІМК), природний біостимулятор – бурштинова кислота, а також рекультивант композиційний Trevitan®.

Першим етапом було отримання асептичних проростків насіння відкашників за різної тривалості експозиції у 15-% розчині H₂O₂ та 2–3-кратному промиванні проточною, а відтак – стерильною дистильованою водою. Насіння замочували та залишали у розчинах протягом 18 год. Наступним етапом було висаджування насіннєвого матеріалу на живильне агаризоване середовище Мурасіге-Скуга (МС) з половинним вмістом макро- і мікросолей (МС/2) без регуляторів росту. Насіння пророщували за температури +22–25°C [2].

Для *C. onopordifolia* найвищий рівень проростання зафіксовано у варіанті з рекультивантом композиційним Trevitan (98%), тоді як гіберелова та бурштинова кислоти забезпечили

відповідно 97,5% та 95% проростання. Найнижчий показник (91%) спостерігався за дії ІМК. Важливо зазначити, що показники росту і розвитку рослин цього виду повністю корелювали з результатами проростання насіння, що свідчить про сталу фізіолого-біохімічну відповідь на використані регулятори і стимулятори росту.

У випадку *C. cirsioides* високу ефективність проростання насіння забезпечували ГК₃ (99%), Trevitan (97,8%) та бурштинова кислота – 97,5%. ІМК, як і у випадку з попереднім видом, мала нижчий результат (89%). Проте відсоток схожості насіння не повністю відповідав показникам росту: ГК₃ сприяла максимальному росту і розвитку рослини (100%), дещо нижчі значення були характерні для росту і розвитку рослин за дії на них Trevitan (85,7%), тоді як бурштинова кислота, попри високий відсоток проростання насіння, забезпечила ріст і розвиток лише 57,1% рослин. Це вказує на наявність відмінностей щодо впливу регуляторів та стимуляторів росту на проростання та ріст рослин *C. cirsioides*.

Для *C. acaulis* гіберелова та бурштинова кислоти виявилися найбільш ефективними щодо індукції проростання насіння (99%). Дещо менш ефективним виявився Trevitan – 96%; ІМК забезпечила значно нижчий відсоток проростання насіння – 80,6%. У той же час, бурштинова кислота сприяла максимальному розвитку рослин, тоді як Trevitan та ГК₃ забезпечили ріст лише 57% та 25% особин відповідно. Найнижчими показниками щодо впливу на ріст рослин серед усіх варіантів характеризувалася ГК₃. Можна припустити, що внесення регуляторів чи стимуляторів у випадку цього виду пригнічує розвиток рослин *in vitro*.

Отримані результати дослідження свідчать про суттєву залежність процесів проростання насіння та подальшого росту видів роду *Carlina* від типу застосованого регулятора чи стимулятора росту *in vitro*.

Гіберелова кислота виступає як потужний стимулятор проростання насіння для всіх трьох видів відкасників, проте її вплив на ріст і розвиток є неоднозначним. Натомість, бурштинова кислота, яка у більшості випадків забезпечувала стабільно високі результати щодо проростання насіння, так і щодо росту рослин.

Саме тому ця кислота може вважатися одним із найперспективніших біостимуляторів для використання в біотехнологічному розмноженні. Рекультивант Trevitan продемонстрував стабільно високі показники ефективності щодо проростання насіння та росту рослин, що свідчить про доцільність його використання у практиці збереження рідкісних лікарських видів рослин. ІМК показала найнижчі результати серед досліджуваних речовин у всіх трьох видів, що може бути важливим у наступних етапах акліматизації рослин. Її застосування доцільно розглядати як допоміжний компонент у поєднанні з іншими регуляторами або стимуляторами росту.

Отже, дослідження проростання насіння та росту рідкісних лікарських рослин в умовах *in vitro* є актуальним, оскільки сприяє створенню науково обґрунтованих підходів до збереження цих видів, розвитку фітотехнологій та забезпеченню сталого використання природних ресурсів.

Список літератури

1. Колісник Х. М., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Особливості культивування *in vitro* представників роду *Carlina* L. *Проблеми екологічної біотехнології : науковий електронний журнал. Новітні досягнення біотехнології : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції* (23–24 вересня 2022 р., Київ). Київ, 2022. № 1, 2. С. 56-57. URL: <https://doi.org/10.18372/2306-6407.1.17160> .
2. Сорока О. В., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Розробка підходів для отримання рослин видів роду *Carlina* L. в культурі *in vitro*. *Проблеми та досягнення сучасної біотехнології : матеріали V міжнародної наук.-практ. конф.* (28 березня 2025 р., м. Харків). Х. : НФаУ, 2025. № С. 366–368.
3. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 912 с.

УДК 581.48:541.142]:547.636.7

**ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*
LIGULARIA BUKOVINENSIS NAKAI**

Сташків І. П., Прокоп'як М. З., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: stashkiv@chem-bio.com.ua

Ligularia Cass. – рід багаторічних трав'янистих рослин родини Айстрових (*Asteraceae*), що налічує близько 180 євроазійських видів. Деякі види цього роду вже давно використовуються в народній медицині завдяки їхній антибактеріальній, протизапальній і протипухлинній активності.

Ligularia bukovinensis Nakai (*L. sibirica* (L.) Cass.) — багаторічна рослина родини *Asteraceae*, що досягає висоти 130–170 см, зростає на відкритих болотистих місцевостях із глинистими (або піщаними) ґрунтами з рН у межах 6,5–7,5 [5]. Вид має центральноевропейський ареал поширення. Зустрічається невеликими групами по 2–5 особин. Листки прості, темно-зеленого кольору. Квітки жовті, зіркоподібні, зібрані в китицеподібні суцвіття. Період цвітіння починається з середини липня і триває до середини серпня. Плоди сім'янки з чубчиком (адаптація до анемофільного запилення), дозрівають у серпні–вересні. Насіння поширюється вітром. У *L. bukovinensis* переважає статеве розмноження, а вегетативне здійснюється за рахунок фрагментації кореневища, але є малоефективним через повільний ріст [4]. Вид включений до Додатку I Бернської конвенції, Додатку II про середовище існування та Червоної книги України (2021) із природоохоронним статусом вразливий.

У науковій літературі є дані про використання *L. bukovinensis* у народній медицині для лікування надмірного виділення мокротиння та полегшення кашлю. За останнє п'ятиліття було проведено низку досліджень щодо хімічного складу надземної та підземної частин *L. bukovinensis*. Згідно з цими дослідженнями було виявлено, що *L. bukovinensis* містить фенольні сполуки (кавова, хлорогенова, корична, ферулова, галієва, розмаринова, сиринова кислоти), флаваноїди (катехін, мирицетин, нарингін, кварцетин), сапоніни, макро- та

мікроелементи (K, Na, Fe), амінокислоти (глутамінова кислота, аспарагінова кислота, аланін), жирні кислоти (олеїнова, лінолева і пальмітинова) [2, 3].

Зважаючи на потенційну цінність лікарської рослинної сировини ми розпочали підбір оптимальних умов для введення *L. bukovinensis* у культуру *in vitro*. Вихідним матеріалом було насіння *L. bukovinensis* зібране у Кременецькому ботанічному саду (місто Кременець, Тернопільська область). Для підвищення схожості насіння піддавали холодовій стратифікації (+4-5°C) 1-2 місяці. Важливим етапом перед висіванням на поживне середовище в умовах *in vitro* є підготовка насіння із застосуванням стерилізаційних агентів та стимулюючих речовин [1]. Перед стерилізацією насіння необхідно видалити пуховий апарат (папус), характерний для родини айстрових. Для отримання асептичних рослин *L. bukovinensis* нами було проаналізовано вплив різних стерилізуючих агентів (гіпохлорид натрію збагачений активним хлором (білізна) 1 : 3; дихлорізоціанурат натрію 1,5 % + Tween 80; пероксид водню 10 %; пероксид водню 15 %; препарат на основі беномілу 1 мг/мл) на ефективність проростання насіння, імовірність контамінації чи подальшого окислення насінин. Оптимальним за цими показниками була почергова стерилізація пероксидом водню 15 % та препаратом на основі беномілу; після кожного стерилізаційного агента насіння промивали стерильною дистильованою водою, щоб видалити залишки хімічних речовин і запобігти їх негативному впливу. Далі виконали підбір схеми для проростання, насіння *L. bukovinensis*. Насіння цього виду замочували у бурштиновій кислоті 1 мг/мл – 12-24 год (схожість насіння 100 %; перші проростки з'явились на 21 день), ІМК (індолілмасляна кислота) 1 мг/мл – 4 год (схожість насіння 80 %; перші проростки з'явились на 30 день). Після проведення поверхневої стерилізації насіння переносили в чашки Петрі на агаризоване поживне середовище Мурасіге-Скуга (MS) з половинним вмістом макро- і мікросолей (MC/2) та інкубували на живильному середовищі при температурі + 18°C та 16-годинному фотоперіоді.

Отже, нами було підібрано оптимальні умови для стерилізації та проростання насіння *L. bukovinensis in vitro*. Найкращим стерилізаційним агентом встановлено препарат з діючою речовиною беноміл та пероксид водню 15 %. Найкращі

показники схожості насіння були після замочування насіння у бурштиновій кислоті.

Список літератури

1. Шелифіст А. Є., Чебан Л. М., Чорней І. І., Буджак В.В. Особливості введення в культуру *in vitro* *Ligularia glauca* (L.) J. Hoffm. та *L. sibirica* (L.) Cass. Заповідна справа в Україні. 2015. Т. 21, №1. С. 39–42.
2. J. Jenis et al. Investigation of chemical composition of *Ligularia sibirica*. Scientific Journal «Reports of NAS RK». 2022. Vol. 4. P. 18–28.
3. N.A. Şuğan et al. Chemical composition, antioxidant and cytogenotoxic effects of *Ligularia sibirica* (L.) Cass. roots and rhizomes extracts. *Caryologia*. 2020. Vol. 73, no. 1. P. 83–92. <https://doi.org/10.13128/caryologia-116>.
4. Sammul M. *Orbital cluster. Defense management plan 2002-2006*. Tartu, 2001. P. 1–27.
5. Slavík B. *Ligularia* Cass. *Flora of the Czech Republic*. ed. by B. Slavík, J. Štěpánková. Praha, 2004. Vol. 7. P. 306–309.

УДК 602:57.088

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ВОДНОГО РЕЖИМУ РОСЛИН *IN VITRO*
GENTIANA ACAULIS L. ВІД УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ**

Федорчак Д. А.¹, Щур І. В.¹, Бойко Д. А.², Грицак Л. Р.¹

¹Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.З. Гжицького (Північний кампус)

E-mail: fedorchak0102@ukr.net

Важливим аспектом успішної адаптації рослин *in vitro* до умов *ex vitro* є їхня стійкість до дефіциту атмосферної та ґрунтової вологи [3]. Це зумовлено тим, що умови *in vitro* характеризуються особливим водним режимом, зокрема: додавання до складу живильних середовищ вуглеводів знижує у 10 раз їх водний потенціал, порівняно із ґрунтовим, відносна вологість повітря у культиваційних ємностях часто становить 95 % [4]. У комплексі це призводить до обмеженого поглинання

кореневою системою води, слабкого розвитку провідних тканин, припинення функціонування продигового апарату [2]. Для підвищення адаптивного потенціалу рослин *in vitro* до умов *ex vitro* та *in situ*, пришвидшення їх росту, необхідно оптимізувати декілька чинників, пов'язаних із потребами у мінеральному живленні, регуляторах росту, вологості, складу газів, умовами освітлення, температурою та доступним об'ємом культурального посуду [5].

Тому, вивчення динаміки параметрів водного режиму рослин *in vitro* за зміни фізико-хімічних умов їх культивування, є необхідною умовою розробки підходів до цілеспрямованого керування водообмінними процесами. Це поглиблює наші знання щодо реакції рослин *in vitro* на зміни факторів середовища існування та дозволяє краще оцінити їх адаптивний потенціал. Як модельні об'єкти для таких досліджень можна використовувати й високогірні види із вузьким діапазоном толерантності до багатьох абіотичних чинників, до яких належить і рідкісний вид *Gentiana acaulis* L.

Виходячи із вище сказаного, мета нашої роботи полягала у дослідженні змін водного балансу рослин *in vitro* рідкісного виду *Gentiana acaulis* L залежно від світлових умов культивування та джерела карбону у складі живильного середовища.

Матеріалом для досліджень слугували рослини *in vitro* *G. acaulis*, отримані з насіння, зібраного у його природній популяції на г. Брескул. Рослини *in vitro* культивували на рідкому живильному середовищі МС/2, доповненому 0,1 мг/л 1-нафтилоцтовою кислотою та різними джерелами карбону (сахарози або маніту). Оптимальні концентрації сахарози та маніту для кожного виду визначали експериментально з урахуванням попередніх досліджень і тестували 2 варіанти живильних середовищ МС/2, доповнених сахарозою 10 г/л (або 1 %) чи манітом у концентрації 3 г/л (або 0,3 %). Усі дослідні варіанти рослин *in vitro* вирощували за температури 18–19 °С, фотоперіоду 16/8, інтенсивності світлового потоку в області фотосинтетично активної радіації 85–100 Вт/м² та різних комбінацій спектрального складу світла: 1.1 варіант світлової корекції (СК): 85 Вт/м², спектральний склад такого співвідношення хвиль синього (Ес) (400–500 нм) до зеленого (Ез)

(500–600 нм) та червоного (Еч) (600–700 нм) діапазонів: Ес : Ез : Еч = 33 % : 42 % : 25 %; 2.1 варіант СК: 100 Вт/м², спектральний склад: Ес : Ез : Еч = 25 % : 27 % : 48 %.

Водний режим рослин оцінювали за показниками загального вмісту води в листках, водного дефіциту, інтенсивності транспірації та вологоутримувальної здатності листків ваговим методом. У кожної особини *in vitro* було вилучено по 2 листка із середнього ярусу розетки. Для дослідження було відібрано 15 рослин *in vitro* у кожному дослідному варіанті.

Узагальнення результатів дослідження показало, що водний баланс рослин *in vitro* є видоспецифічним і залежить від світлових умов їх культивування та від джерела карбону у складі живильного середовища. Так, за культивування на сахарозі, у рослин *in vitro* *G. acaulis* в умовах 2.1 варіанту показники інтенсивності транспірації знижуються на 9,1 %, порівняно із 1.1 варіантом; водний дефіцит зменшується в 1,34 рази. Вологоутримуюча здатність тканин рослин *G. acaulis* культивованих за умов 2.1 варіанту СК підвищується на 15,27 %, а кількість води в одиниці маси сухої речовини знижується на 32,5 % порівняно із рослинами з 1.1 варіанту СК.

Виявлені відмінності параметрів водного балансу вказують на те, що корекцією світлового режиму культивування можна ініціювати перебудову механізмів, що регулюють водообмінні процеси цих видів, навіть за специфічних умов культивування *in vitro*, зокрема, високої відносної вологості культиваційного повітря та низького водного потенціалу живильних середовищ, спричиненого додаванням до його складу сахарози.

Проте, стійкість рослин *in vitro*, культивованих на живильних середовищах, що містять сахарозу, до дефіциту атмосферної та ґрунтової вологи є низькою. Саме тому, одним із завдань нашого дослідження було вивчення динаміки водного балансу рослин *in vitro* за заміни джерела карбону у складі живильного середовища з сахарози на маніт. Така модифікація живильного середовища здатна імітувати водний стрес у рослин.

Встановлено, що у рослин *in vitro* *G. acaulis* за імітування водного стресу інтенсивність транспірації, порівняно із контрольними групами рослин, що культивувалися на сахарозі, знижується: за умов 1.1 варіанту на 18,2 %, а 2.1 варіанту – на 30 %. При цьому, водний дефіцит за 1.1 варіанту СК зменшується

на 53,97 %, а 2.1 – на 23,78 %, порівняно із контролем. Показники вологоутримуючої здатності у рослин цього виду на сахарозі є найвищими, а в умовах штучної посухи зменшуються на 30,6 % (1.1 варіант) і 51,2 % (2.1 варіант), порівняно із контролем. Відомо, що у рослин стійкіших до нестачі води, показники водного дефіциту є нижчими [1]. Тому, отримані нами результати лише вказують на генетично обумовлену підвищену стійкість рослин *G. acaulis* до дефіциту вологи. Регулюючі системи, що контролюють водний баланс, здатні швидко перелаштовуватися та підтримувати певний рівень водонасичення тканин навіть в умовах водного стресу. Це позначається як на прирості біомаси рослин та їх ростових процесах, так і забезпечує високий адаптивний потенціал до умов *ex vitro*.

Отже, оптимізацією світлових умов росту рослин *in vitro* *G. acaulis* можна цілеспрямовано впливати на механізми, що регулюють їх водний баланс, як в умовах високої відносної вологості культиваційного повітря, низького водного потенціалу живильних середовищ, так і за імітації водного стресу, викликаного додаванням сахарози або маніту.

Список літератури

1. Орлова Л. Д., Власенко Н. А. Водний дефіцит лучних рослин лівобережного лісостепу України. *Вісник проблем біології і медицини*. Полтава: ПНПУ імені В. Г. Короленка. Т. 2 (125), Вип. 4. 2015. С. 84–87.
2. Mohammed M., Munir M., Ghazzawy H. S. Design and evaluation of a smart *ex vitro* acclimatization system for tissue culture plantlets. *Agronomy*. 2023. 13(1):78. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010078>.
3. Pasternak T. P., Steinmacher D. Plant growth regulation in cell and tissue culture *in vitro*. *Plants*. 2024. Vol. 13, 327. <https://doi.org/10.3390/plants13020327>.
4. Phillips G. C., Garda M. Plant tissue culture media and practices: An overview. *Vitr. Cell. Dev. Biol. Plant*. 2019. Vol. 55. P. 242–257.
5. Shiwani K., Sharma D., Kumar A. Improvement of plant survival and expediting acclimatization process. In: Gupta S., Chaturvedi P. (eds) *Commer scale tissue cult hortic plant crops*. Springer, Singapore, 2022. P. 277–291.

РОЗДІЛ 6

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ

УДК 550.47

ФОСФОРОВМІСНІ СПОЛУКИ В БІОГЕОХІМІЧНОМУ КРУГООБІГУ: БАЛАНС І ВИКЛИКИ

Вересюк Ю.М., Горин О. І., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: veresukulia@gmail.com

Фосфор є важливим і незамінним хімічним елементом для існування живих організмів. Він входить до складу найважливіших біомолекул: нуклеїнових кислот, які забезпечують збереження і передачу спадкової інформації, а також аденозинтрифосфату – головного та універсального джерела енергії для біохімічних процесів. Фосфор також бере участь у формуванні структури фосфоліпідів і процесах регуляції обміну речовин. Його присутність є обов'язковою умовою життєдіяльності клітин, росту і розвитку організмів. Водночас, на відміну від азоту чи вуглецю, фосфор практично не має газової фази в природі, що зумовлює його повільний кругообіг у біосфері та підвищену чутливість екосистем до змін його балансу.

Зростаючий попит на їжу та енергію надходження фосфору в біосферу внаслідок людської діяльності зросло в чотири рази за останні десятиліття, що сприяло швидкому прискоренню циклу фосфору. Часто трапляється, що обсяг внесення фосфору перевищує допустимий, однак споживання цього елементу організмами набагато менший порівняно з іншими біогенними елементами, такими як вуглець і азот, із наступним співвідношенням

C : N : P – 106:16:1. Через низьку стехіометричну потребу у фосфорі, але високе його надходження до навколишнього середовища внаслідок антропогенної діяльності, відбувається надмірне накопичення фосфорних сполук в агросистемах. Це обумовлює їх надлишкове надходження з поверхневими стоками у прісні гідроекосистеми, викликаючи евтрофікацію та цвітіння

водойм – серйозну проблему погіршення якості води у всьому світі [2, 3].

Зазначимо, що цикл фосфору існує і в окремих екосистемах, включаючи ґрунт, річки, ліси та море, які тісно пов'язані з ключовими проблемами безпеки навколишнього середовища та людського суспільства. Цикл Р відрізняється від біогеохімічних циклів N і C, оскільки він не утворює жодних стабільних газоподібних форм при земних температурах і атмосферному тиску. Лише невеликі кількості фосфорної кислоти (H_3PO_4) можуть надходити в атмосферу і в деяких випадках сприяти кислотним дощам. Фосфор, що викидається в атмосферу в результаті згоряння викопного палива та біопалива, що було внесено до десяти критичних «планетарних кордонів» земної системи, згодом транспортується до аерозольного Р і швидко осідає в наземних і водних екосистемах. Таким чином, найбільшими резервуарами фосфору в ґрунті та морському середовищі є фосфатна порода та осадова порода. Природний кругообіг Р – це простий односторонній потік від наземних до водних екосистем через денудацію неорганічної форми Р та іммобілізацію осаду в середньострокових масштабах часу (10^3 років) [1].

Водночас, на суходолі відбувається доволі інтенсивний колообіг фосфору в системі ґрунт – рослини – тварини – ґрунт. Доступність фосфору рослинам у ґрунті постійно змінюється, це є інтенсивним та динамічним процесом. Важкодоступні сполуки можуть переходити в більш доступні і навпаки. Із ґрунту рухомі форми фосфору поглинаються у вигляді іонів. Фосфор органічних решток та гумусу мінералізується ґрунтовими мікроорганізмами і більша його частина переходить у слабкорозчинні солі. Органічні кислоти, що виділяються коренями рослин, переводять фосфор цих сполук у рухомі форми і рослини активно засвоюють його. По ксилемі фосфор майже повністю транспортується в неорганічній формі, що надходить у листки і зони росту рослин. Із клітин листків він переміщується у ситоподібні трубки і по флоемі – переміщається в конус наростання і плоди. Перетворення фосфору в рослині досить просте, оскільки у складних сполуках ступінь його окиснення залишається таким самим, як і під час поглинання [2]. Багато

ґрунтів містять в собі вищі рівні загального Р (P_t), ніж інших не менш важливих елементів, таких як азот (N) і калій (K). Проте більше 80% фосфору є доволі нерухомою і важкодоступною формою для поглинання рослинами. Зазвичай, отриманий рослинами фосфор з ґрунту, знерухоплюється і насичується мінералами ґрунтовими мікробами. Вплив геохімічних процесів на рівень кількості фосфору в ґрунті, досить добре вивчений, проте багато про важливість біологічних процесів залишається невідомим.

Порушення природного кругообігу фосфору спричиняє низку серйозних викликів як для довкілля, так і для людства в цілому. Через обмежену кількість високоякісних фосфатних руд постає загроза для аграрного сектору у майбутньому. Через те, що стабільна кількість фосфору буде порушена у біогеохімічному кругообізі, підтримувати високі та якісні врожаї сільськогосподарських культур буде складно. У результаті чого постає питання, яке вимагає негайного вирішення, а саме необхідність впровадження новітніх технологій і методів у збиранні, переробці і повторному використанні фосфоровмісних відходів. Розвиток технологій видобування фосфору з відходів, таких як стічні води, осади, харчові відходи, дозволяє зменшити навантаження на природні системи. Наприклад, створення установок для вилучення фосфору у формі струтиту ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) із каналізаційних вод. Також одним із способів це є біотехнологічні інновації у виведенні рослин з підвищеною потребою у засвоюванні фосфору та багато інших методів. Але найважливішим шляхом для запобігання цієї проблеми, є розумне і врівноважене використання фосфоровмісних речовин у нашому буденному житті. Таким чином, раціональне поєднання технологічних інновацій, природоохоронних заходів і освітніх програм дозволить значно зменшити ризики, пов'язані із фосфорним дисбалансом.

Список літератури

1. Tian J., Ge F., Zhang D., Deng S., Liu X. Roles of Phosphate Solubilizing Microorganisms from Managing Soil Phosphorus Deficiency to Mediating Biogeochemical P Cycle. *Biology (Basel)*. 2021. Feb 17. 10(2):158.
2. Vaccari D. A. Chemosphere phosphorus cycle issue--

introduction. *Chemosphere*. 2011 Aug. 84(6):735-6.

3. Wang Z, Guo Q, Tian L. Tracing phosphorus cycle in global watershed using phosphate oxygen isotopes. *Sci Total Environ*. 2022. Jul 10. 829:154611.

УДК [571.5(28):591.521.11](285.3)

**РОЛЬ РІЗНИХ ПРОЯВІВ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ
НА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВУ ДИНАМІКУ
МАКРОЗООБЕНТОСУ МЕТАУГРУПОВАНЬ
РІЗНОТИПНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Воліков Ю. М., Старосила Є. В., Рибка Т. С.

Інститут гідробиології НАН України

E-mail: voprogram@ukr.net

У довоєнні роки із основних чинників, які впливали на розвиток угруповань макрзообентосу та інших біотичних складових більшості досліджених локалітетів був імпульсно-стабілізований водневий режим, обумовлений роботою Київської ГЕС. Скиди води, характеризувалися певними, екологічно обґрунтованими рівнями, що підтримували сприятливі для розвитку угруповань макробезхребетних параметри гідрохімічного режиму, зокрема, вмісту кисню у воді.

Дослідження проводилися у період 2022-2024 рр. на акваторії шести вибраних локалітетів: два з яких знаходилися на русловій ділянці р. Дніпро («Русло, нижче затоки Собаче гирло»; «Канівське водосховище, парк «Наталка»), на двох станціях затоки Собаче гирло («Собаче гирло, застійна зона»; «Собаче гирло, човнова станція»), поруч розташованій малій водоймі («Ізольована водойма, біля затоки Собаче гирло») та станції на оз. Вербне («оз. Вербне, точка нижня»).

З весни 2023 р. внаслідок ведення воєнних дій усталений гідрологічний режим Канівського водосховища було порушено. Весняні рівні води піднімалися до 6,5 м. [1]. У 2024 р. високі рівні також межувалися з різкими їх спадами.

Аномально висока амплітуда їх коливань мала вкрай негативні наслідки для мешканців донних біотопів. Послідовність процесів, що тут відбувалися і механізми їх впливу були неоднаковими в різних локалітетах. У тих із них, що мали

контакт з русловою ділянкою, в результаті підйому рівня, з водою, що прибуває із глибинних мулистих біотопів у літоральні піщані біотопи, пасивно чи активно мігрували форми організмів макрозообентосу та їх ювенільні стадії. Коли, зі спадом рівня, вода відходила, ділянки літоралі на невизначений час оголювалися, міліли і значні їх площі пересихали. Така різка зміна умов мешкання вкрай негативно впливала на спільноти організмів, що починали формуватися. Наступний підйом води знову покращував якісні та кількісні показники угруповань макрозообентосу, але уже на суттєво нижчому їх рівні, оскільки значна частка макробезхребетних гинула від зневоднення. Повторення таких циклів акумулювало негативні зміни в угрупованнях, які фіксувалися як у сезонному так і в річних аспектах.

Однією з особливостей структури популяцій цього періоду досліджень донних безхребетних було зафіксоване зростання кількості молодих особин та ювенільних стадій різних груп макрозообентосу (*Gammaridae*, *Chironomidae*, *Trichoptera*, *Oligochaeta* та ін.). Причина цього явища бачиться одночасно як наслідком загального потепління клімату, що викликає передумови для зростання кількості річних генерацій організмів та їх репродуктивних циклів. Одночасно, можливий відгук популяцій на різке погіршення умов середовища, коли міняється сама стратегія виживання водних тварин. Але в перехідній стадії ця стратегія проявляє себе не ефективно. Подальше невідворотне зниження температур, хоча і з затримкою, все ж здійснює свій рушійний вплив і більшість молодих особин були не в змозі йому протидіяти.

Цілком реальним видається розвиток подій коли після аномальних перепадів рівня води і періодів майже повного зневоднення літоралі, угруповання, із затримкою, починають тільки оговтуватися від перенесеного стресу. При цьому, необхідного часу для проходження повного циклу розвитку організмам влітку не вистачає. Цей період зміщується охоплюючи початок і середину осіннього сезону, коли достатньо високі температури і відносна стабілізація гідрологічного режиму ще дозволяють функціонувати. У такому випадку значна чисельність молодих стадій гідробіонтів є лише слідом від

нормальних часових меж сталого розвитку угруповань. При цьому сценарії, для отримання об'єктивних результатів еколого-санітарного стану угруповань макробезхребетних, очевидно, потрібно порівнювати не літні сезони досліджень а, наприклад, літній 2023 з осіннім 2024 року.

Якщо у 2023 р. багаті видами літні таксономічні склади локалітетів мали більшість значимих зв'язків подібності та біорізноманіття з осінніми видовими складами, то у 2024 р. макрозообентос літнього і осінніх сезонів мав схожі риси уже з бідними по складу весняними угрупованнями [2, 3]. Це свідчило про спрощення структур донних угруповань.

Аномальні амплітуди коливання рівня води здійснюють негативний вплив на донних мешканців також опосередковано, через трансформацію самих біотопів. Поруч з осушенням літоралі низький рівень призводить до посилення вітрового-хвильового перемішування раніше глибинних ділянок мулистих біотопів. В результаті підняті із замуленого дна, мілкодисперсні фракції донних відкладів та рослинного детриту, при підвищенні рівня, осідають на розташовані вище ділянки піщаної літоралі або ж переносяться течією в інші літоральні біотопи. Про трансформацію, що відбувається свідчить поява і збільшення частки пелофільних видів в таксономічних складах донних угруповань.

Отже, на даний час угруповання макробезхребетних досліджених локалітетів, вочевидь, знаходяться на стадії коли підвищення температури і подовження терміну теплого періоду стимулює їх до збільшення кількості річних генерацій та репродукційних циклів. Але, хоча і з затримкою, низькі осінні температури негативно впливають на розвиток, ще не достатньо сформованих організмів. Відбувається трансформація самих біотопів, що підтверджує ріст чисельності пелофільних видів, раніше не зустрінutih в наших дослідженнях.

Таким чином, нестабільний та аномальний режими роботи каскаду водосховищ та непрогнозований водообмін заплавних водойм Дніпра, викликані воєнними діями, супроводжуються різними механізмами трансформації біотопів і мають негативний вплив на угруповання макробезхребетних.

Список літератури

1. <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/hidrolohiichna?id=152>
2. Афанасьєв С.О., Юришинець В.І., Воліков Ю.М., Усов О.Є., Ляшенко А.В. Прикладні програми для обробки гідробиологічних даних. Методичний посібник. – Київ, 2019. – 28 с.
3. <http://hydrobio.kiev.ua>

УДК 504.53:502.58:591.5(597)

**ВПЛИВ ВІЙНИ НА СТАН ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ:
ОБҐРУНТУВАННЯ ПРІОРИТЕТНИХ МЕТАЛІВ ДЛЯ
МОНІТОРИНГУ**

Гладчук М. М., Горин О. І., Прокоп'як М. З., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: gladchuk@tnpu.edu.ua

Сучасні військові конфлікти супроводжуються не лише соціальними й економічними втратами, але й серйозними змінами у структурі та функціонуванні природних екосистем. Порушується рівновага в біогеохімічних циклах, знижується здатність екосистем до самовідновлення. Особливе занепокоєння викликає вплив бойових дій на водні об'єкти – річки, озера, ґрунтові й поверхневі води, які можуть зазнавати як прямого, так і опосередкованого забруднення. Внаслідок згоряння пального, руйнування техніки, використання боєприпасів та вибухових речовин до водойм потрапляє широкий спектр забруднювальних компонентів, серед яких чільне місце посідають важкі метали та їх сполуки. Забруднення посилюється через вторинну міграцію токсикантів із ґрунтів під час злив, ерозійних процесів або підземного стоку, що створює тривалий і складний для прогнозування екологічний вплив [1, 2].

Проаналізувавши сучасні наукові джерела, можна виокремити низку металів, які найчастіше надходять у водне середовище з військової техніки та озброєння. Серед них – залізо (Fe), алюміній (Al), марганець (Mn), хром (Cr), ртуть (Hg), свинець (Pb), мідь (Cu), цинк (Zn) і кадмій (Cd). Ці елементи

можуть бути компонентами снарядів, гільз, акумуляторів, мастил, вибухових речовин та елементів броні. Їх фізико-хімічні властивості, зокрема здатність до утворення іонів, зв'язування з органічними речовинами, накопичення в донних відкладах, зумовлюють високу мобільність і біологічну активність у водному середовищі [3, 4, 5].

Водночас, з урахуванням частоти їх присутності в бойових системах, характеру міграції у водному середовищі, токсикологічного впливу та екологічної стабільності, найбільш критичними для гідроекологічного моніторингу є саме свинець (Pb), мідь (Cu), цинк (Zn) та кадмій (Cd). Ці метали поєднують високу біодоступність, стійкість у гідросфері та виражену токсичність для водних організмів різного трофічного рівня. Їх присутність викликає дисбаланс у трофічних ланцюгах, зменшення біорізноманіття та накопичення у харчових ланцюгах, що зрештою впливає на здоров'я людини [6, 7].

Кадмій – метал I класу небезпеки, що характеризується низьким допустимим рівнем у питній воді, здатністю до кумуляції та системного ураження живих організмів навіть у слідових концентраціях. Він впливає на функцію нирок, гепатобіліарну систему, а також порушує обмін кальцію, спричиняючи демінералізацію кісток [8]. Свинець, хоч і менш токсичний у гострих дозах, становить надзвичайну загрозу через нейротоксичність і довготривале накопичення [9]. Мідь і цинк, незважаючи на важливу фізіологічну роль, можуть порушувати функції ферментативної системи водної фауни, особливо за умов перевищення фонових рівнів, а також впливати на репродуктивну здатність і морфогенез [10].

Таким чином, моніторинг вмісту Pb, Cu, Zn і Cd у водному середовищі на територіях, що зазнали впливу військових дій, є актуальним напрямом досліджень, спрямованих на оцінку стану довкілля, попередження біологічних ризиків і розробку систем реабілітації постраждалих екосистем. Окремого наукового інтересу набуває вивчення не лише індивідуального, а й комплексного впливу цих металів на біопроцеси у риб, оскільки саме вони є інтегральними біоіндикаторами якості водного середовища. Дані дослідження можуть стати основою для розробки стандартів екологічної безпеки у відновленні водойм.

Перспективними напрямками подальших досліджень є вивчення динаміки накопичення металів у тканинах водних організмів; оцінка змін біохімічних показників; виявлення маркерів оксидативного стресу.

З метою формування повнішої екологічної оцінки доцільно доповнити ці дослідження аналізом впливу металів також на водорості та вищі наземні рослини, що зростають у прибережних зонах або на прилеглих до водойм територіях. Порівняння реакцій різних груп організмів дозволить не лише з'ясувати загальні закономірності дії Pb, Cu, Zn і Cd у водному середовищі, а й сформувати цілісне уявлення про масштабність порушень біотичних процесів та екосистемного балансу. Такий підхід сприятиме побудові інтегральної системи моніторингу та стане основою для науково обґрунтованої стратегії екологічного відновлення уражених територій.

Список літератури

1. Hryhorczuk D., Levy B. S., Prodanchuk M., Kravchuk O., Bubalo N., Hryhorczuk A., Erickson T. B. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2024. Vol. 19, No. 1. DOI: 10.1186/s12995-023-00398-y.
2. Grimes E. S., Kneer M. L., Berkowitz J. F. Military activity and wetland-dependent wildlife: a warfare ecology perspective. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2023. Article no. 4767. DOI: 10.1002/ieam.4767.
3. Fakhri Z., Dobslaw N. D. Assessment of post-war groundwater quality in urban areas of Mosul city / Iraq and surrounding areas for drinking and irrigation purposes by using the Canadian Environment Water Quality Index CCME-WQI and Heavy Metal Pollution Index HPI. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2024. Vol. 21. P. 2461–2481. DOI: 10.30574/wjarr.2024.21.3.1010.
4. Okereafor U., Makhatha M., Mekuto L., Uche-Okereafor N., Sebola T., Mavumengwana V. Toxic metal implications on agricultural soils, plants, animals, aquatic life and human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17. Article no. 2204. DOI:

- 10.3390/ijerph17072204.
5. Altahaan Z., Dobslaw D. Assessment of the impact of war on concentrations of pollutants and heavy metals and their seasonal variations in water and sediments of the Tigris River in Mosul / Iraq. *Environments*. 2024. Vol. 11. Article no. 10. DOI: 10.3390/environments11010010.
 6. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Вплив війни Росії проти України на стан українських ґрунтів: результати аналізу. Київ, 2024. 138 с.
 7. Oros A. Bioaccumulation and trophic transfer of heavy metals in marine fish: Ecological and ecosystem-level impacts. *J. of Xenobiotics*. 2025. Vol. 15 (2). P. 59. DOI: 10.3390/jox15020059.
 8. Nordberg G. F., Jin T., Bernard A., Fierens S., Buchet J. P., Ye T. Cadmium, osteoporosis and calcium metabolism. *Biomaterials*. 2004. Vol. 17, No. 5. P. 493–498. DOI: 10.1023/B:BIOM.0000045731.75696.b9.
 9. World Health Organization. Lead poisoning and health [Електронний ресурс] // *WHO Fact Sheets*. 2024. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
 10. Song Y., Ginjupalli G. K., Baldwin W. S. Exploring the sublethal impacts of copper and zinc on *Daphnia magna*. *BMC Genomics*. 2024. Vol. 25, No. 1. DOI: 10.1186/s12864-024-10701-8.

УДК 581.526.323(285+477-25)

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЯСНОСТІ
ЛІТНЬОГО МІКРОФІТОБЕНТОСУ
ОЗ. ВЕРБНЕ (УКРАЇНА)**

Григор'сва Г. Є., Давидов О. А.

Інститут гідробиології НАН України, Київ, Україна
E-mail: annanika2930@gmail.com

Показники структури та рясності гідробіонтів є важливими характеристиками при визначенні екологічного стану водних об'єктів [3]. Дослідження показників чисельності та біомаси мікрофітобентосу у міжрічному аспекті дозволяє отримати

адекватну інформацію про стан середовища його існування та зміни, що відбуваються у донних альгоугрупованнях під впливом сукупної дії абіотичних та біотичних чинників, інтенсивність яких з року в рік може змінюватись.

Метою роботи було встановлення особливостей формування показників рясності мікрофітобентосу оз. Вербне в літній період.

Озеро Вербне розташоване в Оболонському районі м. Київ (50°29'23"пн.ш., 30°30'57"сх.д.). Проби мікрофітобентосу відбирали у першу декаду червня 2021 та 2023 рр. мікробентометром МБ–ТЄ у мілководній зоні на глибині 0,5 м на слабо замуленому піску, у місцях, вільних від заростей вищих водних рослин. Відбір та камеральну обробку проб проводили за загальноприйнятою методикою [2].

Встановлено, що показники чисельності мікрофітобентосу коливались у межах: 3072–4786 тис. кл/10 см², біомаси – 0,21–0,25 мг/10 см², які формувались в основному за рахунок *Cyanobacteria*. Відмічено, що у 2021 р. високими показниками розвитку вирізнявся облігатний бентонт *Geitlerinema splendidum* (Gomont) *Anagnostidis* (77% загальної чисельності та 46% біомаси водоростей на дні). Більш сприятливі умови для вегетації синьозелених водоростей відмічені у 2023 р., що обумовило інтенсивний розвиток як у товщі води, так і на дні факультативного бентонта *Limnothrix redekei* (Goor) Meffert (52% загальної чисельності та 14% біомаси водоростей у донних альгоугрупованнях). Аналіз результатів попередніх досліджень, що були отримані у другій половині літнього періоду 2017 р. в оз. Вербне [1], дозволив виявити, що за інтенсивної вегетації фітопланктону у цей період відбувається зниження показників як чисельності, так і біомаси мікрофітобентосу. За таких обставин вже планктони з *Cyanobacteria*, *Euglenozoa* та *Chlorophyta*, осідаючи на дно, відіграють провідну роль у складі домінуючого комплексу мікрофітобентосу.

Таким чином, встановлено наступні особливості у формуванні показників рясності мікрофітобентосу оз. Вербне: на початку літнього періоду показники чисельності та біомаси формуються переважно облігатними та факультативними бентонтами з *Cyanobacteria*, тоді як у другій половині літнього

періоду – в основному планктонтами з Cyanobacteria, Euglenozoa та Chlorophyta, що осідають на дно та лімітують розвиток бентосних форм.

Список літератури

1. Давидов О.А., Ларіонова Д.П. Санітарно-гідробіологічна характеристика озера Вербне за мікрофітобентосом. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біолог.*, 2019, №3 (77). С.46–51.
2. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Offic. J. EC. L. 327*, 22.12.2000. 72 p.

УДК 574.63:615.22:543.3

**ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ГІДРОБІОНТІВ ЗАБРУДНЕННЯ
ВОДОЙМ ГІПОЛІПІДЕМІЧНИМИ ФАРМАЦЕВТИКАМИ**

Гриньків С. М., Горин О. І., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: solka3812@gmail.com

Щороку у світі зростає кількість захворювань, пов'язаних з метаболічними порушеннями, відтак збільшується використання фармацевтичних препаратів, чималий відсоток з яких потрапляють у водойми через побутові зливи, стічні води лікарень та виробничих підприємств, що чинить негативний вплив для гідробіонтів. Серед них, особливо слід відзначити гіполіпідемічні засоби, котрі в останні роки стали одними з основних груп забруднювачів водного середовища. Навіть при незначних концентраціях цих препаратів можна відстежити їхню згубну дію на водні організми через тривалий період напіврозпаду, специфічну біологічну активність та здатністю до біоаккумуляції.

Незважаючи на масове використання фармацевтиків, що регулюють обмін ліпідів, роль цих препаратів не повністю

охарактеризована та зрозуміла з точки зору їх потенційних токсикологічних ефектів на рівні навколишнього середовища. Проте проаналізувавши дані щодо наявності гіполіпідемічних фармацевтичних препаратів у водному середовищі, встановлено, що одними із найпоширеніших засобів є симвастатин, аторвастатин та ловастатин, які мають потенційно шкідливий вплив на метаболічні процеси і життєдіяльність гідробіонтів. Детальні дослідження на рибах та окремі спостереження на безхребетних показали, що вище згадані препарати, які регулюють рівень ліпідів, впливають на фізіологічні процеси, зокрема серцеву діяльність, ліпідний обмін, ріст і розмноження. Також виявлено їхній вплив на сперматогенез і нейроповедінку. Водночас, усі статини мають спрямований вплив на печінку переважно через ефективне поглинання при першому проходженні.

«Симвастатин (SV)» – гіпохолестеринемічний препарат, що належить до групи статинів, широко призначається для профілактики серцево-судинних захворювань. Враховуючи, що SV є типовим гіполіпідемічним агентом, який широко виявляється у водах, його непомітна токсична дія на риб є причиною для занепокоєння. Так, у дослідженні, яке було спрямоване на виявлення відповідей антиоксидантної системи у гамбузії західної (*Gambusia affinis*) за дії симвастатину, показано гістологічні зміни в печінці риби, підданої препарату протягом 7 днів, які вказують на потенційні побічні ефекти. Ця робота також продемонструвала, що симвастатин у водному середовищі може впливати на транскрипційну експресію антиоксидантної системи, частково пов'язану з нею ферментативну активність і тканинну структуру печінки в рибах, виявляючи його потенційний ризик для нецільових організмів і екологічну безпеку [1].

Симвастатин також викликає небажані побічні ефекти на м'язи, такі як біль, втома або слабкість. На підставі цього, було проведено ще одне цікаве дослідження яке показало, що вплив симвастатину на ембріони рибок данію зменшує рух риби та викликає значні структурні зміни в скелетних м'язах. Переваги використання ембріонів рибок данію та культивованих клітин полягають у тому, що вони більш сприйнятливі до дії препарату, та дозволяють краще візуалізувати відповідь м'язів на

молекулярному та клітинному рівнях, що сприяє розумінню механізмів дії ліків. Деякі з цих процесів, такі як проліферація та диференціація м'язів, також відбуваються у дорослих м'язах під час регенерації або у відповідь на фізичне навантаження. Також у ході цього дослідження результати показали, що симвастатин, залежно від дози, може спричинити серйозні зміни м'язів відповідно до роботи кількох інших груп, які використовують різні статини та різні тваринні або клітинні моделі [1]. Окрім симвастатину, було виявлено, що ловастатин теж сприяє пошкодженню м'язових волокон у ембріонів рибок даніо [2]. За дії ловастатину на личинки рибок даніо спостерігали порушення функцій і структури скелетних м'язів, які відбилися як зменшення сили скорочення міофібрил, зміни в ультраструктурі м'язів і збільшення атрогін-1. Ловастатин впливав на роботу серця і плавальну поведінку личинок. Дані також показали, що м'язовий захисний ефект L-карнітину є частковим. Деякі спостережувані міотоксичні ефекти, такі як деградація скелетних м'язів, збільшення експресії атрогін-1 та зниження скорочення серця, можуть бути врятовані додаванням L-карнітину. Інші, такі як уповільнення серцевого ритму та зниження рухової активності, не можуть бути пом'якшені добавками L-карнітину [3].

Продовжуючи проводити оцінку ризиків для гідробіонтів забруднення водойм гіполіпідемічними фармацевтиками, варто ще розглянути такий препарат як аторвастатин (ATV). Він є одним із найчастіших призначаних гіполіпідемічних препаратів, який часто міститься в навколишньому середовищі, зокрема у водоймах через його широке використання та низьку швидкість розпаду. Проте токсичний вплив залишків аторвастатину у водному середовищі на нецільові організми залишається маловивченим. Водночас, було проведено дослідження, яке показало, що аторвастатин мав значну летальну та тератогенну дію на ембріони/личинки *Mugilogobius chulae* та викликав аномальні зміни в параметрах розвитку, включаючи швидкість вилуплення, довжину тіла, частоту серцевих скорочень та спонтанний рух. Вплив аторвастатину викликав окислювальний стрес у ембріонів/личинок *Mugilogobius chulae*, згодом пригнічував аутофагію та активував апоптоз, що призводило до

аномальних процесів розвитку та змін поведінки в ембріонах/личинках *M. chulae* [4].

Провівши оцінку ризиків для гідробіонтів забруднення водойм гіполіпідемічними фармацевтиками, визначено, що за дії симвастатину, аторвастатину та ловастатину на водні організми проявляються різні токсичні ефекти. Отримані результати підкреслюють негативний вплив цих препаратів та їх реальну екологічну небезпеку для гідробіонтів та необхідність подальших досліджень.

Список літератури

1. Bao S., Lin J., Xie M., Wang C., Nie X. Simvastatin affects Nrf2/MAPK signaling pathway and hepatic histological structure change in *Gambusia affinis*. *Chemosphere*. 2021. Apr;269:128725. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128725.
2. Campos M., Guapyassu L., Gomes C., Midlej V., Benchimol M., Mermelstein C., Costa M.L. Simvastatin and Muscle: zebrafish and chicken show that the benefits are not worth the damage. *Front Cell Dev Biol*. 2022 Mar 14;10:778901. doi: 10.3389/fcell.2022.778901.
3. Niedbalska-Tarnowska J., Ochenkowska K., Migocka-Patrzałek M., Dubińska-Magiera M. Assessment of the Preventive Effect of L-carnitine on Post-statin Muscle Damage in a Zebrafish Model. *Cells*. 2022 Apr 11;11(8):1297. doi: 10.3390/cells11081297.
4. Zhao Y., Wang Y., Ren J., Gong W., Nie X., Peng Y., Li J., Duan C.. Atorvastatin causes developmental and behavioral toxicity in yellowstripe goby (*Mugilogobius chulae*) embryos/larvae via disrupting lipid metabolism and autophagy processes. *Aquat Toxicol*. 2024 Jun;271:106909. doi: 10.1016/j.aquatox.2024.106909.

УДК 581.526.323:536.155(477-25)

**ПРОСТОРОВА ДИНАМІКА МІКРОФІТОБЕНТОСУ
ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА
(р. ДНІПРО, УКРАЇНА)**

Давидов О.А.

Інститут гідробиології НАН України, Київ, Україна

E-mail: davydovoleg01@gmail.com

Вивчення просторового розподілу мікрофітобентосу верхньої частини Канівського водосховища є актуальним, оскільки своєрідність його річкової ділянки та елементів придаткової мережі (заток, заплавних озер), наближеність до гирла р. Десна безпосередньо впливають на процеси обміну видами між ними.

Прояви різних типів просторової динаміки мікрофітобентосу досліджували в липні 2021 р. в модельних локалітетах на шести станціях (річкова ділянка водосховища в районі парку Муромець, затоки Оболонь та Собаче Гирло, заплавні озера Вербне та Опечень Нижнє, гирлова ділянка р. Десна).

Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометром МБ–ТЄ (загальна площа відбору 40 см²) у трьох повторностях у мілководній зоні на глибині 0,5 м на слабко замуленому, замуленому піску та глибоководній зоні (4,5–6,0 м) на чорному мулі, у місцях, вільних від заростей вищої водної рослинності. Відбір та камеральну обробку проб проводили за загальноприйнятою методикою [1].

Подібність та відмінність між угрупованнями мікрофітобентосу проаналізовано з використанням індексу видового різноманіття (за Шенноном) [5], індексу видової подібності Серенсена (Ksør) [4], індексу відмінності Серенсена (βsør), індексу обігу видів Сімпсона (βsim) та індексу вкладеності видової структури (βnes) [2, 3].

Видове різноманіття мікрофітобентосу у досліджених локалітетах досить високе – індекс Шеннона коливався у широких межах: 1,42–4,83 біт/кл та 3,05–4,30 біт/мг, що свідчить про високу вирівняність.

Проведений аналіз показав, що індекси подібності Серенсена ($K_{sør}$) між угрупованнями мікрофітобентосу в модельних локалітетах становили від 0,27 до 0,64. Найвищий рівень подібності за Серенсеном відмічено між мілководною зоною зат. Оболонь (0,64) та глибоководною зоною річкової ділянки водосховища біля парку Муромець (0,63). Високий рівень подібності між даними локалітетами зумовлений з одного боку як високим видовим багатством, що свідчить про сприятливі умови для існування мікрофітобентосу, а з іншого, посилення течії внаслідок внутрішньодобових попусків з Київської ГЕС та розташування їх на одному траверсі – призводить до постійного обміну видів, що дозволяє припустити про наявність «мас-ефекту».

Найбільшим ступенем ізольованості характеризуються мілководна зона оз. Вербне та глибоководна зона верхньої ділянки водосховища в районі Північного мосту (парк Муромець), де коефіцієнт подібності за Сересеном дорівнював 0,27. Це обумовлено як географічною віддаленістю екоотопів, так і відмінностями у характері ґрунту, освітленості, різною інтенсивністю гідродинамічних процесів та відмінностями у кількісних показниках розвитку планктонних форм, які періодично осідають на дно за несприятливих умов.

Індекс відмінності Серенсена ($\beta_{sør}$) є інтегральним відображенням процесів (обігу видів та вкладеності видової структури). Для диференціації цих двох процесів застосовують індекс відмінності бета Сімпсона (β_{sim}), який відображає міру обігу видів (заміщення) та різницю між індексом Серенсена та Сімпсона, як міри компоненту вкладеності видової структури (β_{nes}). Отримані результати дозволяють встановити як подібності, так і відмінності в локальних угрупованнях різних локалітетів.

Аналіз індексів обігу видів Сімпсона (β_{sim}) та індексів вкладеності видової структури (β_{nes}), свідчить про те, що у локалітетах, які досліджувались, бета-різноманіття сформовано переважно обігом видів, або заміщенням одних видів іншими, оскільки частка індексу обігу видів β_{sim} від $\beta_{sør}$ складає 49–99%, значно переважаючи над часткою індексів вкладеності (β_{nes} – 1–51%). Найбільш показовими є мілководна та глибоководна зони

річкової ділянки водосховища, де β_{sim} складав 99% від $\beta_{sør}$, найменш – мілководна зона зат. Оболонь – 49%.

Тобто у локалітетах, що досліджувались, відбувається не тільки обіг (заміщення видів), а й в певній мірі, так би мовити, «втрата видів», оскільки в деяких парах локалітетів, що порівнювались, частка індексу вкладеності β_{nes} від $\beta_{sør}$ досягає 51%. У той же час, у переважній більшості пар локалітетів, що порівнювались, домінує процес обігу видів, а компонент вкладеності є незначним ($\beta_{nes} = 1\text{--}20\%$).

Моделльний локалітет заплавного оз. Вербне найбільш пов'язаний з мілководними зонами зат. Собаче Гирло та зат. Оболонь, що не зважаючи на їхню ізольованість, свідчить про генезисну спорідненість цих водних об'єктів ($K_{sør} = 0,57\text{--}0,58$).

Досить високим ступенем зв'язку характеризуються глибоководні зони водосховища. І хоча рівень видової подібності за Серенсеном не перевищував 0,54, та все ж бета-різноманіття сформовано обігом видів ($\beta_{sim} = 99\%$), тобто заміщенням одних видів іншими, а отже переважає процес сортування видів.

Таким чином, встановлено, що у локалітетах, які досліджувались у різнотипних водних об'єктах верхньої частини Канівського водосховища, відбувається не тільки обіг (заміщення), а й в певній мірі, так би мовити, «втрата видів», у той же час, у переважній більшості пар порівнюваних локалітетів домінує процес обігу видів, а компонент вкладеності є незначним.

Список літератури

1. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
2. Andrés Baselga. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*. 2010. Vol. 19. P. 134–143.
3. Simpson, G.G. Mammals and the nature of continents. *American Journal of Science*. 1943. Vol. 241. P. 1–31.
4. Sørensen T.A. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter*. 1948. Vol. 5. P. 1–3.

5. Washington H.G. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*. 1984. Vol. 18, Issue. 6. P. 653–694.

УДК 581.526.323:536.155(477-25)

**ТРАНСФОРМАЦІЯ СТРУКТУРИ МІКРОФІТОБЕНТОСУ
ЗА ПІДВИЩЕНОГО РІВНЯ ВОДИ У ВЕРХНІЙ ЧАСТИНІ
КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА (р. ДНІПРО, УКРАЇНА)**

Давидов О. А., Григор'єва Г. Є.

Інститут гідробиології НАН України, Київ, Україна

E-mail: annanika2930@gmail.com

Мікрофітобентосу притаманна висока чутливість до зміни абіотичних та біотичних умов існування. Він досить чітко реагує на різні антропогенні впливи: забруднення, зміну морфометричних параметрів водних об'єктів, характеру донних ґрунтів [1, 4] і, що є актуальним на часі, порушення гідрологічного режиму у різнотипних водоймах та водотоках.

Внаслідок порушення гідрологічного режиму, викликаного воєнними діями, у верхній частині Канівського водосховища восени 2022 р. спостерігались періоди стрімкого підняття, або ж зниження рівня води. За таких обставин, топічні умови у місцях мешкання мікрофітобентосу кардинально змінювались.

Метою роботи було дослідження впливу стрімкого підняття рівня води у верхній частині Канівського водосховища на структуру мікрофітобентосу.

Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометром МБ–ТЄ у трьох повторностях у верхній частині Канівського водосховища (у районі парку «Наталка» (50°29'53"пн.ш., 30°31'23"сх.д.) за стабільного рівня води та у період стрімкого його підняття. Вибір та камеральну обробку проб проводили за загальноприйнятою методикою [2].

Встановлено, що стрімке підвищення рівня води на 1,5 – 2,0 м при значному посиленні швидкості течії призвело до зміни у структурі донних альгоугруповань. Видове багатство мікрофітобентосу скоротилось майже у 2 рази (з 49 до 25 видів), показники чисельності та біомаси зменшились на декілька

порядків (з 6847 до 338 тис. кл/10 см² та з 226 до 0,09 мг/10 см² відповідно).

Найвагоміших змін у структурі мікрофітобентосу зазнали Bacillariophyta та Cyanobacteria. Так, якщо за стабільного рівня води та незначної амплітуди його коливань частка Bacillariophyta у показниках чисельності водоростей на дні складала 67%, то за високого рівня води вона зменшувалась до 41%. Натомість частка Cyanobacteria у відповідних показниках, навпаки, зростала з 33 до 59%. Такі зміни у структурі мікрофітобентосу були обумовлені насамперед тим, що за стрімкого підняття рівня води стабільні донні альгоугруповання за короткий період часу не встигали сформуватися, утворюючи лише альгоагрегацію – нестійку сукупність водоростей, яка складалась переважно з видів, які потрапляли з інших біотопів [5]. Тому, основна роль у формуванні показників рясності мікрофітобентосу належала планктонним формам, які при підвищенні рівня води привносились на нові, ще не заселені резидентними видами місця. Відповідно частка планктонів у чисельності водоростей на дні у цей період зросла з 36% до 53%.

Примітно, що серед бентонтів найбільш активними у процесах освоєння новоутворених місць існування виявились літоральні евритопні діатомові [3], частка яких за підвищеного рівня води хоча і зменшувалась у показниках чисельності (з 94 до 57%) та біомаси (з 76 до 55%), та все ж була доволі вагомою.

Таким чином, встановлено, що порушення гідрологічного режиму у верхній частині Канівського водосховища, яке супроводжувалось стрімким підняттям рівня води, негативно вплинуло на мікрофітобентос та викликало зменшення видового багатства, зміни у його структурі і, як наслідок, призвело до зниження загальних показників рясності й ролі резидентних форм водоростей на дні мілководь прибережних ділянок.

Список літератури

6. Давидов О.А. Структурні компоненти мікрофітобентосу як індикатори впливу антропогенних чинників на водні об'єкти. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біолог.* 2009. Т.40, №3. С. 47–56.
7. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод /

- За ред. В.Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
8. Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo Y.I. Ecological and morphological structure of microphytobenthos. *Hydrobiological Journal*. 2009. Vol. 45, N 2. P.13–23.
 9. Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo Yu.I. Microphytobenthos as bioindicator of state of aquatic ecosystems. *Hydrobiological Journal*. 2011. Vol. 47, N 1. P. 72–85.
 10. Oksiyuk, O.P., Davydov O.A., Melenchuk G.V. Cenological analysis of microphytobenthos using the method of Braun-Blanquet. *Hydrobiological Journal*. 2005. Vol. 41, N 1. P. 99-112.

УДК 591.5+592

МІСЦЕ *HYDRA* SP. У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Дацюк А. Г., Гандзюра В. П.

Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

E-mail: annadatsiuk@knu.ua

Рід *Hydra*, що належить до класу Hydrozoa, викликав значний науковий інтерес з моменту його відкриття. Однак справжній ажіотаж був зумовлений роботою, що була опублікована 1744 року швейцарським натуралісом Абраамом Тремблеєм, де він вперше описав здатність гідри до регенерації. Закордоном вже впродовж декількох століть дослідження *Hydra* sp. зосередженні на вивченні їхньої біології розвитку, генетики та молекулярної біології; протягом декількох десятиліть за допомогою світлової та електронної мікроскопії досліджуються видоспецифічні ознаки даного організму та складаються ключі-визначники для полегшення роботи спеціалістів (Campbell, 1983). Гідру використовують як об'єкт для вивчення механізмів регенерації, для оцінки токсичності середовища та впливу на організм різних забруднювачів від важких металів (нікель, свинець, ртуть) до мікропластику (Murphy, 2018).

Українські вчені почали цікавитися гідрами на початку XX століття. Дослідження гідр зосереджувалося на їхній екології та

стійкості до певних забруднювачів середовища (Гандзюра, 2021). На жаль, в Україні не спостерігалось належного інтересу до вивчення даного організму, а на сьогоднішній день такі дослідження є поодинокими випадками. Для українських вчених Hydra є багатообіцяючою моделлю для досліджень стресостійкості екосистем, наявності та впливу біоактивних сполук на функціонування екосистем, зондування екоотоксикантів, визначення біотрансформації ксенобіотиків. (Galliot, 2012), (Quinn, 2012). Перевагами такої модельної системи є швидке безстатеве розмноження, висока чутливість до змін умов і параметрів навколишнього середовища, експерименти над даним організмом не суперечить біоетиці.

Гідробиологічні дослідження в Україні проводяться на регулярній основі. Багато науковців зустрічали гідру під час збору матеріалів, але в більшості випадків від такої знахідки на сторінках наукових статей залишається лише згадка Hydra sp. або Hydrozoa. Ми недооцінюємо їхній вплив на водні екосистеми.

Впродовж наших досліджень організми на стадії поліпа роду Hydra були зареєстровані в таких місцях: Полтавська область (с. Крати р. Урай, с. Повстин р. Удай), Київ (Деснянський район р. Десенка, Оболонський район р. Дніпро, Гідропарк р. Дніпро) з червня по листопад у 2023 та 2024 роках. Серед субстратів, які використовує гідра для розселення було занотовано 6 видів вищої водної рослинності: *Nuphar lutea*, *Elodea canadensis*, *Myriophyllum spicatum*, *Trapa natans* L., *Potamogeton perfoliatus*, *Ceratophyllum demersum*, а також 2 види молюсків: *Dreissena polymorpha*, *Viviparus viviparus*, також поодинокі представники були знайдені на камінні та різноманітних гілках/корчах. Було прораховано динаміку щільності поселення гідри на вищій водній рослинності (відповідно до кількості знахідок), а саме на *Elodea canadensis*, *Potamogeton perfoliatus* та *Ceratophyllum demersum*. Відповідно найбільша щільність поселення гідри спостерігалась у червні 2024 року при температурі води +22,7°C і становила 1 організм на 26,37 см² на *Potamogeton perfoliatus*, 1 організм на 2,4 см² на *Ceratophyllum demersum* та 1 організм на 5,42 см² на *Elodea canadensis* (18.06.2024), за тиждень щільність складала 1 організм на 44,069 см² на *Potamogeton perfoliatus*, 1 організм на 43,9 см² на

Ceratophyllum demersum та 1 організм на 43,01 см² на *Elodea canadensis* (26.06.2024) з підвищенням температури води (+23,2°C) та початком інтенсивного цвітіння води і відповідно зниженням рівня кисню щільність досягла таких показників: 1 організм на 33,322 см² на *Potamogeton perfoliatus*, 1 організм на 31,04 см² на *Ceratophyllum demersum* та 1 організм на 246,17 см² на *Elodea canadensis* (дані за 13.08.2024). 20.08.2024 при температурі води +23,9°C і відсутності інтенсивного цвітіння щільність поселення є такою: 1 організм на 99,557 см² на *Ceratophyllum demersum* та 1 організм на 15,82 см² на *Elodea canadensis*. Ці дані мають певну кореляцію з нашими дослідженнями 2023 року, де ми виявили, що найбільш оптимальною температурою для швидкого безстатевого розмноження є +19°C. Також ці показники могли змінюватись через вплив сисних інфузорій, що є паразитами гідри і найбільш активні в літній період, особливо в серпні. Зниження температури до 8,8°C (26.10.2023) за нашими спостереженнями, індукує формування статевих гонад, тобто перехід до статевого розмноження, тому в холодний період року (за нашими спостереженнями після 24.11.2023) знайти організм на стадії поліпа і підрахувати щільність неможливо.

У даній роботі продемонстровано, що гідра є невід'ємною і доволі чисельною складовою водойм в Україні.

У висновку варто окреслити задачі подальших досліджень. Найголовнішим завданням для нас є сформулювати повний і зручний визначник видів гідри, що зробить вивчення і використання даного організму більш зручним, швидким і точним. Важливим є і розрахунок продуктивності гідри та кількісна оцінка внеску гідри як компоненту екосистеми. Плекаємо надії, що наявні та подальші дослідження стануть фундаментом для закорінювання гідри на сторінках наукових публікацій українських вчених різнопрофільного спрямування.

Список літератури

1. Campbell R. D. Identifying hydra species // Hydra: research methods. Boston, MA: Springer US, 1983. P. 19–28.
2. Galliot B. Hydra, a fruitful model system for 270 years // Int. J. Dev. Biol. 2012. Vol. 56, No. 6–8. P. 411–423.
3. Murphy F., Quinn B. The effects of microplastic on

- freshwater *Hydra attenuata* feeding, morphology & reproduction // Environ. Pollut. 2018. Vol. 234. P. 487–494.
4. Quinn B., Gagné F., & Blaise C. (2012). *Hydra*, a model system for environmental studies. International Journal of Developmental Biology, 56(6-8), 613-625.
 5. Гандзюра В. П., Клименко М. О., Бедункова О. О. Біосистеми в токсичному середовищі: монографія. Рівне: НУВГП, 2021. 261 с.

УДК 591.5:591.9:59.5(477,74)(210,7)

**ЖИВЛЕННЯ МИНЯ СЕРЕДЗЕМНОМОРСЬКОГО
GAIDROPSARUS MEDITERRANEUS В АКВАТОРІЇ
ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ ВОСЕНИ 2020 РОКУ**

Караванський Ю. В.¹, Заморов В. В.²

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

E-mail: 1u.v.karavanskiy@onu.edu.ua; 2v.zamorov@onu.edu.ua

Відсутність системного спостереження за рибним населенням на більшій частині Чорного моря спричинила серйозний дефіцит актуальної наукової інформації. Детальне вивчення та аналіз біологічних і екологічних аспектів стану іхтіофауни потребує додаткових досліджень, зокрема щодо структури та функціонування рибних угруповань, особливо в зонах антропогенного впливу на екосистему.

Північно-західна частина Чорного моря, зокрема Одеська затока, є унікальним природним комплексом. Для об'єктивної оцінки екологічного стану та раціонального використання біологічних ресурсів цього району важливе значення має моніторинг стану іхтіоценозів. Ключову роль у трофічній структурі рибних угруповань відіграють бентофаги та хижі види іхтіофауни. Одним із показових представників в цьому контексті є минь середземноморський *Gaidropsarus mediterraneus* (Linnaeus, 1758), який може мати помітну роль в оцінці стану донних біоценозів.

В Одеській затоці з 2005 по 2010 роки частота зустрічальності цього виду в сіткових уловах досягала до 80%. Найбільша величина його відносного улову (2,3 екземпляра /

сітку) досягнута в 2009 р. [2; 3]. У 2016 р. минь середземноморський майже постійно зустрічався в сіткових уловах [1], а восени 2020 р. його кількість досягала до 5 екземплярів на одну сітку.

Метою дослідження було оцінити спектр харчування цього виду у прибережних водах Одеської затоки. Дослідження проводили в прибережній частині акваторії Одеської затоки. Рибу ловили за допомогою зябрових сіток у жовтні-листопаді 2020 року. Було проаналізовано 34 харчові грудки миня середземноморського. Розміри риб коливалися в таких межах: загальна довжина – 23,5–26,5 см, маса – 118,0–143,4 г. Для оцінки значення кожного таксона об'єктів харчування в раціоні риб використовували їх індекси відносної значимості (ІВЗ, %), відносну масу (%) та частоту зустрічальності (%). Раціон миня середземноморського в Одеській затоці включав організми, які належали до восьми таксонів: *Oligochaeta* gen. sp, ракоподібні *Carcinus aestuarii*, *Idotea baltica basteri*, *Ampithoe vaillanti*, *Microprotopus longimanus*, *Jassa oia*, *Palaemon elegans*, також молодь бичкових риб (Gobiidae).

Величини індексу відносної значимості (ІВЗ), відносної маси та частоти зустрічальності вказують на суттєву роль в раціоні десятиногих ракоподібних (Decapoda): *C. aestuarii* (9440%, 89,4% та 79,4% відповідно) та *P. elegans* (746%, 5,84% та 41,2% відповідно). Помітне місце займали також *I. baltica basteri* (425%, 4,1% та 20,6% відповідно). та *Oligochaeta* gen. sp (349%, 0,43% та 20,6% відповідно). Інші види ракоподібних: *A. vaillanti* (103%, 0,06%, та 23,5% відповідно), *M. longimanus* (7,4%, 0,0031%, та 20,6% відповідно), *J. oia* (12% , 0,07%, та 26,5% відповідно) та представники родини бичкових риб (50%, 0,3% та 14% відповідно) відігравали в живленні другорядну роль.

Дослідження живлення миня середземноморського в Одеській затоці восени 2020 року показало, що його раціон базується переважно на десятиногих ракоподібних (*C. aestuarii* та *P. elegans*), що свідчить про їх достатньо велику чисельність в донних біоценозах прибереженої зони моря [5]. За даними літератури, у осінній період (вересень–лютий) живлення

середземноморського миня є слабким, що підтверджувалося порожніми шлунками у третини особин. Основу раціону в цей час складали ракоподібні, зокрема краби та креветки, які становили 75–90% від маси харчової грудки. Мальки риб відігравали другорядну роль, складаючи лише 21% маси шлункового вмісту, їхнє значення зростало з наступом зимнього періоду року, коли вони відкочовували на глибину [4]. Таким чином, у осінній період минь середземноморський переважно живиться ракоподібними, а риби мають другорядне значення в його раціоні.

Отримані результати підтверджують роль миня середземноморського як індикатора стану донних біоценозів та необхідність подальшого моніторингу за його станом для оцінки впливу антропогенних факторів на біоресурси Чорного моря.

Список літератури

1. Заморов В. В., Караванський Ю. В., Чернікова С. Ю. Результати досліджень іхтіофауни в прибережній зоні моря Одеської затоки у 2016–2017 рр. Вісник Одеського національного університету. 2019. Т. 24, вип. 1(44). С. 77–96.
2. Северо-западная часть Черного моря: структура и климатическая изменчивость океанологических полей / Попов Ю. И., Матыгин А. С., Коломейченко Г. Ю., Заморов В. В., Черникова С. Ю., Петров С. А., Пономарева Л. П., Караванский Ю. В., Леончик Е. Ю., Каштаков В. Д. Одеса: ФОП Попова Н. М., 2016. 439 с.
3. Черникова С. Ю., Заморов В. В. Ихтиофауна Одесского залива (Чёрное море) в первом десятилетии XXI века. Морський екологічний журнал. 2011. Т. X, № 3. С. 76–85.
4. Фауна України: у 40 т. / редкол.: В. О. Топачевський (голова), А. Д. Маркевич, М. А. Войнственський, В. Г. Долін, В. Г. Луков, Н. Т. Сокур, Н. Н. Щербак, В. І. Монченко (секретар); Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена АН УРСР. Київ: Наукова думка, 1988. Т. 8. 140 с.
5. Varigin Y. Trophic structure of the fouling community in Odessa Bay (Black Sea). Biosystems Diversity. 2018. Vol. 26, No. 2. P. 131–137. DOI: 10.15421/011635.

УДК 582.26:581.19:581.18

**ОСОБЛИВОСТІ ТРИВАЛОСТІ ФАЗ СТРЕСУ У ЗЕЛЕНИХ
МІКРОВОДОРОСТЕЙ (CHLOROPHYTA) ЗА ДІЇ НИЗЬКОЇ
ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЕДОВИЩА**

Красюк Ю. М., Крот Ю. Г., Леонтьєва Т. О.

Інститут гідробиології НАН України,

e-mail: j-kрасyuk@ukr.net; yuriikrot@ukr.net;

leontieva3394@gmail.com

На теперішній час внаслідок зміни клімату створюються несприятливі умови для функціонування прісноводних водоростей, серед яких особливо небезпечними є різкі зниження температури водного середовища. Такі зміни викликають у водоростей стресові реакції, які супроводжуються переналаштуванням метаболічних процесів у їхньому організмі. Для кращого розуміння того як організм водоростей переживає вплив непритаманної їм низької температури, було створено схему тривалості фаз стресу на прикладі мезофільних видів зелених мікроводоростей *Tetradesmus dimorphus* (Turpin) M.J. Wynne та *Desmodesmus brasiliensis* (Bohlin) E. Hegew. Притримуючись концепції Ганса Сельє, термін «стрес» був перенесений у фізіологію рослин, що є загальною неспецифічною реакцією організму на будь-який стресор та поділяється на фази: тривога, адаптація (резистентність) і виснаження [1, 2].

Досліджували особливості тривалості фаз стресу організму культур *Tetradesmus dimorphus* та *Desmodesmus brasiliensis* за умов різкого зниження температурного режиму з подальшим підвищенням температури середовища до оптимального рівня. Для цього визначали активність каталази (КАТ) за методом, який заснований на здатності перекису водню утворювати із солями молібдену стійкий забарвлений комплекс. Це було необхідно для розуміння реакції організму на низьку температуру, яка викликає зміни в метаболічних процесах клітин, що може призводити до певної напруженості захисних ферментів організму, до яких належить КАТ. За впливу температури, яка виходить за межі оптимальної, відбувається підвищення активності КАТ для контролю рівня H_2O_2 в рослинних клітинах. Зміна активності

цього антиоксидантного ферменту дозволяє оцінити фізіологічний стан зелених мікроводоростей у стресових умовах. Також, достатньо інформативним є дослідження таких показників, як чисельність клітин мікроводоростей, що підраховували у п'яти повторностях під світловим мікроскопом Ломо Микмед-2 з використанням камери Горяєва. Проводили визначення розмірних характеристик клітин (довжина і ширина) мікроводоростей проводили за допомогою мікроскопу Axio Imager-2 та програмного забезпечення ZEN 3.0 ($n = 50$). Об'єм клітин визначали стереометричним методом, використовуючи лінійні розміри клітин водоростей.

Водорості *T. dimorphus* та *D. brasiliensis* вирощували (1–9 доба) при низькій температурі середовища $10,0 \pm 1^\circ\text{C}$, а потім повільно підвищували температуру до $18,0 \pm 1^\circ\text{C}$ (16 доба) і на 24-у добу температура становила $28,0 \pm 1^\circ\text{C}$. Інтенсивність освітлення була $47,5$ мкмоль/м²·с, співвідношення світла і темряви – 16 : 8 год. Перемішування культур відбувалося шляхом подачі у культиваційні ємності стислого атмосферного повітря (38 дм³/хв.). Клітинну масу водоростей відфільтровували від культурального середовища за допомогою мембранного фільтра «Синпор» № 4 (діаметр пор $0,85$ мкм) під слабким вакуумом. Відбирали наважки біомаси для визначення активності КАТ.

Спостереження показали, що стрес-реакція організму на стресор – різке зниження температури середовища до $10,0 \pm 1^\circ\text{C}$, відповідав першій фазі адаптивного синдрому водоростей. Зокрема, на 2-у добу спостерігалася незначна активність ферменту КАТ у культур *T. dimorphus* та *D. brasiliensis*, що відповідно становила $0,42$ і $0,77$ мк моль/хв.* мг білку. Також, ця стадія характеризувалась збільшенням розміру клітин обох видів та припиненням їхнього поділу, а також розпадом 4-клітинних ценобіїв *D. brasiliensis* на 2-клітинні. Період резистентності, що є другою фазою адаптивного синдрому, характеризувався зростанням активності антиоксидантного ферменту КАТ. Ймовірно, дія непритаманної для досліджуваних водоростей температури ($10,0 \pm 1^\circ\text{C}$) спричинила збільшення накопичення продуктів розпаду активних форм кисню (АФК). Вже на 9-у добу експозиції у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* активність ферменту зросла відповідно в $4,0$ і $1,7$ рази порівняно з показниками КАТ,

які досліджені на першій фазі адаптивного синдрому водоростей. Також, у обох видів зелених мікроводоростей спостерігали збільшення клітин та появу 8-клітинних ценобіїв. Вірогідно, в цей період відбувалася активація метаболічних процесів з посиленням виділенням метаболітів, що і викликало напруженість антиоксидантної системи водоростей. Слід відмітити, що у культури *T. dimorphus* активність ферменту КАТ була значно вищою порівняно з *D. brasiliensis*. Можливо, це пов'язано з більш раннім завершенням формування багатоклітинних ценобіїв (4-а доба), яке супроводжувалось активним накопиченням АФК, що викликало активацію ферменту.

При підвищенні температури до 18 ± 1 °C (9–16 доба) активність КАТ у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* зросла відповідно в 8,8 і 9,0 разів порівняно з початковими показниками, які були досліджені на першій фазі адаптивного синдрому. При цьому спостерігається значно вища активність КАТ (в 2,0 рази) у культурі *D.* порівняно з *T. dimorphus*. Можливо, це пов'язано з формуванням ценобіїв (завершення на 14-у добу), яке потребувало посилення метаболічних процесів, що і активувало роботу антиоксидантної системи.

Слід відмітити, що у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* після завершення періоду резистентності ($28,0 \pm 1$ °C, 24 доба) спостерігалось зниження каталазної активності відповідно в 5,3 і 3,5 разів, порівняно з попередньою точкою визначення (16 доба). Вірогідно, на нашу думку, подальше культивування водоростей у середовищі зі сприятливою температурою ($28,0 \pm 1$ °C) не викликало у них стресового стану і тому активність досліджуваного ферменту антиоксидантного захисту була меншою. Доказом того, що за даних умов вирощування водоростей відсутня фаза виснаження було те, що обидва види мікроводоростей характеризувалися відновленням фізіологічних показників – активним приростом клітин та їхнім здрібненням. При цьому у *T. dimorphus* відмічено збільшення відсотку 2-клітинних ценобіїв, а у *D. brasiliensis* – окремих клітин.

Вплив не притаманній культурам мікроводоростей *T. dimorphus* та *D. brasiliensis* низької температури на їх організм не призвів до стадії виснаження через злагоджену роботу антиоксидантної системи і вчасне реагування на відновлення

фізіологічних показників. Стрессова відповідь у досліджених видів водоростей варіювала залежно від їхніх видових особливостей.

1. Колупаєв Ю. Є. Стресові реакції рослин: молекулярно-клітинний рівень. Харків, 2001. 171 с.
2. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / Кордюм Е.Л. и др. Киев: Наукова думка, 2003. 277 с.

УДК: 582.261.2

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТОВИХ
ПРОЦЕСІВ ВОДРОСТЕЙ РІЗНИХ ТАКСОНОМІЧНИХ
ГРУП НА ДІЮ МЕТАЛІВ**

Ракочий А. І., Горин О. І., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: bodnar@tnpu.edu.ua

Продуктивність є фундаментальною властивістю живої матерії, яка проявляється на всіх рівнях її організації. Вона виступає інтегративним показником, що відображає загальну функціональну активність організму або системи, з урахуванням усіх компенсаторних та адаптивних механізмів у відповідь на вплив чинників навколишнього середовища. Зниження продуктивності та зсув балансу між продукційними й деструкційними процесами в бік зростання ентропії є типовою реакцією екосистеми на токсичне навантаження [1, 2, 3]. Загалом продуктивність визначається як здатність до нарощування біомаси, що базується на кількісному зростанні структурних одиниць біосистеми (чисельності) та інтенсивності утворення органічної речовини через процеси фотосинтезу та біосинтезу [1, 4].

Стійкість водоростевих угруповань у прісноводних екосистемах до зовнішніх чинників часто забезпечується за рахунок структурних змін, зокрема коливань чисельності клітин, яка є однією з ключових характеристик популяційної динаміки [5, 6].

Об'єктами лабораторних досліджень слугували альгологічно чисті культури одноклітинних зелених *Chlorella vulgaris* Beij. та діатомових *Mayamaea atomus* (Kützinger) Grun. водоростей, отриманих із колекцій Інститутів ботаніки та гідробиології НАН України [2, 3].

В експерименті щодо впливу іонів цинку (Zn^{2+}) на культури зелених та діатомових водоростей встановлено, що *Ch. vulgaris* проявляє вищу чутливість до дії цинку порівняно з *M. atomus*. Зокрема, за концентрації Zn^{2+} 85 мкг/дм³ чисельність клітин хлорели зросла на 25% у перші 5 діб, тоді як при 190 мкг/дм³ – лише на 5%. За найвищої концентрації (425 мкг/дм³) ріст повністю припинився, а кількість клітин зменшилася на 25%.

Для *M. atomus* спостерігався інший ефект: за концентрації у 85 мкг/дм³ іонів Zn^{2+} чисельність клітин поступово зростала (на 14,5%), що було близьким до контролю. Навіть при 750 мкг/дм³ ріст на початку досліду був активним, але згодом сповільнився. Наприкінці експерименту чисельність клітин виявилася лише на 12% нижчою за контрольні значення.

За додаткового впливу іонів свинцю (Pb^{2+}) було виявлено подібну чутливість *Ch. vulgaris*, як і до впливу цинку. Так, за концентрації 15 мкг/дм³ протягом перших трьох діб спостерігалось зростання чисельності на 19%, а за 30 мкг/дм³ – на 27%. Надалі цей ефект згасав, і на 15-ту добу найнижчого значення концентрації свинцю чисельність зменшилася на 10% від початкового рівня, а 30 мкг/дм³ – залишилася на початковому рівні. В обох випадках наприкінці досліду чисельність клітин була на третину меншою за максимум, зафіксований на третій день. За дії максимальної концентрації свинцю (75 мкг/дм³) протягом 14 діб спостерігалось пригнічення росту *Ch. vulgaris*, зменшення чисельності становило майже 30%.

Водночас, за низьких концентрацій Pb^{2+} (15 – 30 мкг/дм³) фіксувалися деякі морфологічні зміни, а саме візуальне потовщення клітинної стінки, та утворення об'єднань клітин, здебільшого, по 2- і 4-клітинних ценобіїв, що відповідає літературним даним про морфологічні зміни під впливом металів, зокрема кадмію і міді, для одноклітинних зелених водоростей [1, 6].

Діатомова водорість *M. atomus* виявилася стійкішою до

додаткового впливу свинцю. Зокрема, за дії 15 мкг/дм³ Pb²⁺ чисельність клітин зросла на 8–10% упродовж перших 5 діб, що перевищувало приріст у контрольному середовищі (4,5%). Надалі приріст клітин сповільнювався, але загальна чисельність залишалася на рівні вихідної. За максимальної концентрації Pb²⁺ (75 мкг/дм³) наприкінці досліду кількість клітин зменшилася на 22%.

Таким чином, визначено, що реакція водоростей на дію іонів цинку та свинцю має видову специфіку. За підвищених концентрацій металів більшу толерантність продемонстрували діатомові водорості, зокрема *Mayamaea atomus*, порівняно із зеленою *Chlorella vulgaris*. Ймовірно, це пов'язано з меншою здатністю діатомей до накопичення металів, а також захисними властивостями їх кремнієвої оболонки, яка виконує бар'єрну функцію. Тоді як для зелених водоростей висока здатність до внутрішньоклітинного накопичення металів спричиняє функціональні порушення, що у подальшому гальмують процеси росту і розмноження.

Список літератури

1. Грубінко В. В. Роль металів в адаптації гідробіонтів: еволюційно-екологічні аспекти. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія : Біологія. 2011. 3, 237–262.
2. Державне агентство водних ресурсів України. Аналітичний огляд стану водних ресурсів у лютому 2023 року. 2023. URL: <https://davr.gov.ua/news/analitichnij-oglyad-stanu-vodnih-resursiv-u-lyutomu-2023-roku>
3. Рацлав В. В. Дослідження хімічного стану якості вод басейну річки Сіверський Донець через визначення ПР ВРД. Екологічні науки. 2022. № 1(28). С. 228–234. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-12>
4. Bodnar, O. I.; Grubinko, V. V.; Gorda, A. I.; Klochenko, P. D. Metabolism of algae under the impact of metal ions of the aquatic medium (A review). *Hydrobiol. J.* 2011, 47 (3), pp 75 – 88.
5. El-Naggar, A. H.; Sheikh, H. M. Response of the green microalga *Chlorella vulgaris* to the oxidative stress caused by

- some heavy metals. Life Sci. J. 2014, 11 (10), pp 1349 – 1357. <https://doi.org/10.7537/MARSLSJ111014.197>
6. Pena- Castro J. M., Martinez-Jeronimo F., Esparza-Garsia F., Canizares-Villanueva R. O. Phenotypic plasticity in *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) in response to heavy metals stress. *Chemosphere*. 2014. Vol. 57, № 11. pp. 1629–1636. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.06.041>

УДК 578.07

КАДМІЙ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РИБ

Петрушка Б. М., Хоменчук В. О., Курант В. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: kurant@tnpu.edu.ua

Важкі метали є одними із найбільш небезпечних забруднювачів навколишнього середовища. Забруднення ними гідроекосистем стало глобальною екологічною проблемою, яка загрожує як гідробіонтам, так і людині і вона зростає через індустріалізацію, урбанізацію та зміну клімату [4]. Широке використання важких металів та їх сполук у промисловості та сільському господарстві сприяє їхньому надмірному надходженню у природні води.

Підвищена небезпека цих токсикантів для екосистем обумовлена тим, що на відміну від інших хімічних речовин техногенного походження, метали в природних умовах не руйнуються, а лише змінюють фізико-хімічну форму перебування у середовищі. Особливо це характерно для водного середовища, в якому іони металів накопичуються в результаті змивання із ґрунтових поверхонь, надходження із стічними водами та промисловими відходами, тощо [7].

Усі важкі метали за їх значенням для біоти можна розділити на есенціальні (біогенні) та неесенціальні (токсичні), при цьому їх біологічна або токсична дія проявляється за дуже низьких концентрацій так є не однаковою для різних видів

гідробіонтів [8]. Есенціальні метали, такі як мідь, цинк, хром, нікель, кобальт, молібден, залізо та інші, виконують важливі біологічні функції, а їх дефіцит призводить до порушення функціонування метаболічних систем водних організмів. Несенціальні метали, а саме кадмій, ртуть, олово, свинець не мають доведених біологічних функцій. Разом з тим збільшення концентрації у воді понад норму як біогенних, так і токсичних металів може призвести до їх підвищеного акумулювання в тканинах і органах гідробіонтів, що в свою чергу обумовлює їх токсичну дію [3].

Кадмій є типовим токсикантом. Він відноситься до рідких, розсіяних елементів і міститься в складі ізоморфних домішок у багатьох мінералах таких як грінокіт CdS , отавіт CdCO_3 , монтепоніт CdO і кадмоселіт CdSe . Вміст кадмію в земній корі, ґрунті та природних водах коливається від 10^{-5} до $10^{-6}\%$. В товщі земної кори кадмій переміщується підземними водами разом з іншими халькофільними елементами. Його міграція в оточуючому середовищі залежить від виду його сполук та рН середовища. В лужних ґрунтах кадмій менш рухомий, ніж в кислих (особливо при $\text{pH}=5$) [6].

У водне середовище кадмій поступає з такими мінеральними сполуками як CdO , CdS , $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ та деякими іншими. Важливим джерелом забруднення водних об'єктів є сульфідні руди та стічні води підприємств кольоровою металургії і хімічних заводів.

Середня концентрація кадмію в морській воді складає $0,11 \text{ мкг/дм}^3$. В прісних водах України його вміст коливається від $0,30$ до $4,8 \text{ мкг/дм}^3$.

Кадмій володіє високою токсичністю по відношенню до гідробіонтів різних трофічних рівнів. Вже при його концентрації $0,02\text{--}1,0 \text{ мкг/дм}^3$ спостерігається пригнічення реакції фотосинтезу у водних рослин, а при концентрації $0,003\text{--}0,5 \text{ мкг/дм}^3$ гинуть до 50% прісноводних безхребетних. Що стосується риб, то в них вже при концентрації 4 мкг/дм^3 значною мірою пригнічується ферментативна активність печінки, нирок та деяких інших органів [1].

Пороги гострої токсичності кадмію (LC_{50} , 96 годин) змінюються від $0,09$ до 105 мкг/дм^3 для прісноводних риб та від 8

до 85 мкг/дм³ для морських. Молодь риб більш чутлива до кадмію, ніж статевозрілі особини та ікра [7]. Хоча, мальки чавичі і райдужної форелі були досить стійкими до дії кадмію. Крім того відомо, що репродуктивна функція збільшує чутливість деяких видів риб до даного елемента [7].

При визначенні токсичності кадмію для риб важливу роль відіграє твердість води. Так, було показано, що поріг LC₅₀, (48 годин) для статевозрілої райдужної форелі зростає від 0,09 до 3,70 мг/дм³ при підвищенні твердості води від 20 до 320 мг/дм³ [2].

Дія кадмію на організм риб також знижує їх здатність до осмотичної регуляції. Хоча за даними авторів [5] у райдужної форелі, яка під давалася дії кадмію в концентрації 4 мкг/дм³ протягом десяти днів не спостерігалось негативного впливу на ріст піддослідних особин, а при хронічній дії даного елемента спостерігали послаблення ензиматичної активності печінки та нирок.

Слід також відмітити, що токсичність кадмію у воді залежить від наявності речовин, з якими він може утворювати комплексні сполуки. Так, при утворенні комплексів кадмію з органічними речовинами, зокрема з гуміновими і фульвокислотами, його токсичність різко знижується.

Список літератури

1. Романенко В.Д. Основи гідроекології. Київ : Обереги, 2001. 728 с.
2. Calamari D., Marchetti R., Vailati G. Influence of water hardness on cadmium toxicity to *Salmo gairdneri* rich. Water Research. 1980. Vol. 14, no. 10. P. 1421–1426. URL: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90006-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90006-8).
3. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review / D. G. Sfakianakis et al. Environmental Research. 2015. Vol. 137. P. 246–255. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.014>.
4. Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review / K. H. Hama Aziz et al. RSC Advances. 2023. Vol. 13, no. 26. P. 17595–17610. URL: <https://doi.org/10.1039/d3ra00723e>.

5. Kumada H., Kimura S., Yokote M. Accumulation and biological effects of cadmium in rainbow trout. NIPPON SUISAN GAKKAISHI. 1980. Vol. 46, no. 1. P. 97–103. URL: <https://doi.org/10.2331/suisan.46.97>.
6. Martin M. H., Nriagu J. O. Cadmium in the Environment. Part I. Ecological Cycling. The Journal of Ecology. 1981. Vol. 69, no. 3. P. 1071. URL: <https://doi.org/10.2307/2259663>.
7. Moore J. W., Ramamoorthy S. Heavy metals in natural waters. Berlin Heidelberg New York: Springer. 1984. 270 p.
8. Paschoalini A. L., Bazzoli N. Heavy metals affecting Neotropical freshwater fish: A review of the last 10 years of research. Aquatic Toxicology. 2021. Vol. 237. P. 105906. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105906>.

УДК 593.175(477.42)(282.5)

**ДИНАМІКА СТРУКТУРИ ДОМІНУВАННЯ
КРУГОВІЙЧАСТИХ ІНФУЗОРІЙ (CILIOPHORA,
PERITRICHIA) ШТУЧНОЇ ВОДОЙМИ МІСТА
ЖИТОМИРА**

**Поліщук Д. А., Константиненко Л. А., Константиненко У. О.,
Корево Н. І.**

Житомирський державний університет імені Івана Франка

E-mail: lkonstantyenko@ukr.net

Круговійчасті інфузорії (Ciliophora, Peritrichia) – одноклітинні організми, які відіграють важливу роль у підтримці біологічної рівноваги водних екосистем. Ці протисти беруть участь у процесах самоочищення води та є індикаторами санітарно-гігієнічного стану водойм. Дослідження перитрих у штучних водоймах на території України є недостатніми [1]. Вивчення видового складу, динаміки розвитку, екології та особливостей функціонування круговійчастих інфузорій у штучних водних об'єктах потребує подальшого розгляду, тому ця тема залишається актуальною на сьогодні.

Метою роботи було встановити видовий склад і структуру домінування перитрих та їх динамік у Соколовському кар'єрі м. Житомира.

Проби відбирали стандартними методами відбору

перифітону; з метою вивчення видового складу перитрих використовували загальноприйняті методи світлової мікроскопії. Дослідження динаміки щільності поселення круговійчастих інфузорій проводили з вересня по грудень 2024 року. При цьому аналізували їх структуру домінування [2]. Вид вважали евдомінантом, якщо щільність поселення його складала більше 32% від загальної, домінантом – 10-31,9%, субдомінантом – 3,2-9,9%, ресидентом 1-3,1%, субресидентом – 0,32-0,99%. Спорадичним видом вважали той, щільність поселення якого складала менше, ніж 0,32%. За «головні» види приймали ті, щільність поселення яких була більша 3,2% (субдомінанти, домінанти, евдомінанти), якщо процентний вміст перитрих був менший за 3,2%, то даний вид відносили до «випадкових».

Під час дослідження виявлено 13 видів круговійчастих інфузорій? які відносяться до 4 родів: *Epistylis bimarginata* Nenninger, 1948, *E.chrysemydis* Bishop et Jahn, 1941, *E.epibioticum* Banina, 1983, *E. plicatilis* Ehrenberg, 1831, *Vorticella alba* Fromentel, 1874, *V.campanula* Khal, 1933, *V. convallaria* (Linnaeus, 1758), *V.mayeri* Faure-Fremiet, 1920, *V.natans* Faure-Fremiet, 1924, *V.picta* Ehrenberg, 1838, *V.banatica* Lepsi, 1947, *Carchesium polypinum* (Linnaeus, 1758), *Thuricola similis* Bock, 1963.

Нами досліджена структура домінування круговійчастих інфузорій Соколовського кар'єру за період дослідження, з вересня по грудень 2024 р.

У вересні серед «головних» видів перитрих слід відмітити: евдомінанта – *V.campanula*, одного домінанта – *V. convallaria* та 4 субдомінанта (*E.chrysemydis*, *E.plicatilis*, *V.mayeri*, *V.banatica*). За щільністю поселення до «випадкових» видів потрапили такі круговійчасті інфузорії: *Epistylis bimarginata*, *E.epibioticum*, *Vorticella alba*, *V. natans*, *V.picta*, *Thuricola similis*.

У жовтні евдомінантом виявився один вид – *V. convallaria*, домінантами – 2 види: *V.campanula* та *V.banatica*, 6 видів – субдомінантами: *E.chrysemydis*, *E. plicatilis*, *V.mayeri*, *V. picta*, *Carchesium polypinum*, *Thuricola similis* та 1 вид – ресидент (*E. epibioticum*).

У листопаді домінантний видовий комплекс включав по одному виду евдомінанту та домінанту – *V.campanula* та *V. convallaria* відповідно, 5 субдомінантів – *E. plicatilis*, *V.mayeri*, *V.banatica*, *Carchesium polypinum*, *Thuricola similis*, одного ресидента – *V.picta*.

В грудні до евдомінантів не віднесли жодного з перитрих, були виявлені 4 домінанти – *E. plicatilis*, *V. campanula*, *V. convallaria*, *V. banatica*, 3 субдомінанта – *V. mayeri*, *V. natans*, *V. picta*, 1 ресидент – *E. epibioticum*.

Отже, до «головних» видів біоценозу Соколовського кар'єру за період дослідження належали 5 видів перитрих: *E. plicatilis*, *V. campanula*, *V. convallaria*, *V. mayeri* та *V. banatica*. Домінантний видовий комплекс круговійчастих інфузорій штучної водойми є індикаторами α - та β – мезосапробної зони [3]. Отже, дана водойма в міру забруднена органічними речовинами. Процеси деструкції органічних речовин і їх мінералізація протікають природним шляхом. Такі водойми забруднені і потребують очищення, після якого вони можуть використовуватись в господарських цілях.

Список літератури

1. Константиненко Л. А. Стан вивченості прісноводних круговійчастих інфузорій (Ciliophora, Peritrichia) в Україні. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*. Серія №20. Біологія: зб. наук. праць. Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2011. №3. С. 125 – 131.
2. Ettl M. The Ciliate Community (Protozoa: Ciliophora) of a Municipal Activated Sludge Plant: Interactions between Species and Environmental Factors. *Protozoological Monographs*. 2000. Vol. 1. P. 1–62.
3. Foissner W. Evaluating water quality using Protozoa and saprobity indexes. *Protocols in Protozoology*. Allen Press: Lawrence, 1992. – B-11

УДК 579.63 (574.2:574.6)+591.5

**РОЛЬ РІЗНИХ ПРОЯВІВ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ
НА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВУ ДИНАМІКУ УГРУПОВАНЬ
ЗООПЛАНКТОНУ У РІЗНОТИПНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ**

Рибка Т.С., Старосила Є.В., Воліков Ю.М.

Інститут гідробиології НАН України

E-mail: tanyar07@ukr.net

Моніторинг екосистем, які постраждали від воєнних дій, є елементом комплексного оцінювання їхнього сучасного стану.

Результати таких досліджень важливі для післявоєнного відновлення постраждалого регіону, оцінювання стану та якості його водних ресурсів для подальшого використання.

У 2023-2024 рр. в умовах нестабільного режиму роботи каскаду водосховищ, спричиненого воєнними діями та аномальною літньою спекою [1], посезонно були проведені дослідження еколого-санітарних показників зоопланктону верхньої ділянки Канівського водосховища в межах міста Києва (затоки Собаче Гирло, руслової частини біля парку «Наталка» та заплавного озера Вербне).

Видовий склад зоопланктону у річковій ділянці біля парку «Наталка» протягом вегетаційного періоду нараховував 11 видів, які належать до 18 таксонів вищого рангу. Кількісний розвиток та структурні характеристики зоопланктону в різні сезони року дуже відрізнялися. Найменші показники розвитку відмічені влітку та восени, коли угруповання зоопланктону характеризувалося дуже низьким видовим багатством та кількісним розвитком. Веслоногі ракоподібні зустрічалися поодинокі на різних стадіях розвитку, коловертки були відсутні зовсім. Навесні значення показника чисельності зоопланктону складало 9 тис. екз/м³, показника біомаси 0,490 г/м³. Угруповання зоопланктону характеризувалося переважанням представників кладоцерного комплексу, спостерігався масовий розвиток гіллястовусих рачків *Scapholeberis mucronata* та *Polyphemus pediculus*, які домінували як за чисельністю так і за біомасою (98%).

Фауністичний спектр зоопланктону за 2023-2024 роки зазнав негативних змін на рівні ротаторного комплексу, представники якого були відсутні протягом усього періоду дослідження у 2024 р. Натомість влітку 2023 р. на цій ділянці домінував вид коловертки *Euchlanis dilatata*, яка переважала за чисельністю та біомасою. Видове різноманіття кладоцерно-копеподного комплексу залишилося без змін, але показники його кількісного розвитку, які у 2023 р. були досить низькими, знизилися ще в рази. Різні види зоопланктону зустрічалися поодинокі. Серед них були гіллястовуси ракоподібні *Alona rectangula*, *Alona affinis*, *Sida crystallina*, та веслоногий рачок *Thermocyclops oithonoides*.

Видовий склад зоопланктону у затоці Собаче Гирло протягом вегетаційного періоду нараховував 14 видів, які належали до 21 таксону вищого рангу. У весняний період в прибережній зоні чисельність зоопланктону складала 2,5 тис. екз/м³, біомаса – 0,020 г/м³. Зареєстровано лише 7 видів зоопланктону, більшість з яких зустрічалися поодинокі. Тільки два види складали основну частку весняного угруповання, це коловертка – *E. dilatata* та гіллястовусий рачок – *Chydorus sphaericus*, які домінували як за чисельністю (96%) так і за біомасою (76%). Влітку кількісні показники розвитку зоопланктону були дуже низькими, чисельність складала менше 1 тис. екз/м³, біомаса 0,003 г/м³. Зареєстровано лише 8 видів зоопланктону, зустрічність яких була також поодинокі, що завадило надати об'єктивну характеристику домінантного комплексу. Осінній зоопланктон також характеризувався низькими значеннями видового багатства та кількісного розвитку. Видовий склад нараховував лише 3 види гіллястовусих рачків, зустрічність яких також була вкрай низькою (*Bosmina longirostris*, *Ch. sphaericus*, *A. rectangula*). Слід зазначити, що у цей сезон року на даній річковій ділянці коловертки та веслоногі ракоподібні не були відмічені зовсім.

Кількісний розвиток зоопланктону влітку та восени 2024 року мав критично низький показник, що вказує на істотне погіршення середовища існування зоопланктону. Представники різних таксономічних груп зустрічалися поодинокі, що значно спростило структуру домінантного комплексу. В 2023 р. у ті ж сезони року був відмічений низький рівень розвитку зоопланктону, але спостерігалось домінування коловертки *E. dilatata*, яка переважала за значеннями чисельності та біомаси. Восени 2023-2024 рр. в угрупованні зоопланктону веслоногі ракоподібні були відсутні зовсім.

Видовий склад зоопланктону оз. Вербного протягом вегетаційного періоду 2024 р. був бідним і нараховував 6 видів, які належали до 13 таксонів вищого рангу. Кількісні показники розвитку зоопланктону протягом вегетаційного періоду відрізнялися. Чисельність коливалася в межах 8 – 13 тис. екз/м³, а показник біомаси 0,096 – 0,107 г/м³. Навесні значення показника чисельності зоопланктону складало 8 тис. екз/м³, показника

біомаси 0,107 г/м³. Відмічений високий розвиток коловороток – *Asplanchna priodonta* та *E. dilatata*, які домінували за чисельністю (98%) та біомасою (99%). Влітку спостерігалася достатньо невизначена ситуація, яка була пов'язана з майже цілковитою відсутністю зоопланктону. Поодинокі зустрічалися лише копеподи на личинкових стадіях розвитку. Восени зареєстровані значення чисельності зоопланктону 13 тис. екз/м³, показника біомаси 0,096 г/м³. Видовий склад зоопланктону також був дуже бідним і представлений лише 3 видами організмів. Основну частку угруповання за чисельністю (91%) та біомасою (75%) склали копеподи на личинкових стадіях розвитку.

У порівнянні з 2023 р. кількість видів зоопланктону зменшилася удвічі (з 14 до 6). Протягом 2024 р. дорослі представники копеподного комплексу були відсутні. Особливо слід зазначити про погіршення ситуації влітку, коли у водоймі нами були відмічені лише личинкові стадії веслоногих ракоподібних. Для порівняння, літо 2023 р. характеризувалося найбільшим числом таксонів та значеннями видового різноманіття. В цей період були відмічені найвищі показники кількісного розвитку зоопланктону (чисельність складала 87 тис. екз/м³; біомаса 1,107 г/м³). Наведені дані вказують на загальне погіршення ситуації, екосистема озера зазнає значного антропогенного тиску, що відображається на якісних та кількісних значеннях показників видового складу зоопланктону, співвідношенні його таксономічних груп і, відповідно, спрощенні його структури.

Отже, кількість видів зоопланктону тільки за рік зменшилася удвічі. Личинки двостулкових молюсків, черепашкові ракоподібні (Ostracoda), а також Harpacticoida spp. взагалі були відсутні у матеріалі досліджених водойм протягом усього вегетаційного періоду. На деяких водоймах спостерігалася цілковите випадіння окремих груп зоопланктону. В оз. Вербному не зареєстровано дорослих стадій веслоногих ракоподібних. Руслова ділянка Канівського водосховища біля парку Наталка характеризувалася відсутністю представників ротаторного комплексу. Особливо, слід зазначити про погіршення ситуації у літній період, коли показники кількісного розвитку зоопланктону були критично низькими.

Таким чином, узагальнені дані проведених досліджень свідчать про присутність очевидних негативних наслідків для функціонування та розвитку зоопланктону, що склалися в умовах нестабільного режиму роботи каскаду водосховищ та непрогнозованого водообміну заплавних водойм Дніпра, викликаних воєнними діями.

Список літератури

1. <https://mozmdv.gov.ua/monitorynh-iakosti-vody/>.

УДК 579.6+(574.2:574.6)

**БАКТЕРІАЛЬНІ УГРУПОВАННЯ ТА ГІДРОХІМІЧНІ
ПОКАЗНИКИ КИЇВСЬКОЇ ДІЛЯНКИ КАНІВСЬКОГО
ВОДОСХОВИЩА**

Старосила Є. В., Лінчук М. І., Воліков Ю. М., Рибка Т. С.

Інститут гідробіології НАН України

E-mail: jenya_star@ukr.net

Канівське водосховище було створене у 1972 році після завершення будівництва Канівської гідроелектростанції. Його спорудження стало частиною дніпровського каскаду водосховищ для регулювання стоку Дніпра, виробництва електроенергії та забезпечення водопостачання. Сучасний екологічний стан Канівського водосховища залишається предметом уваги науковців та громадськості [1–3]. У зв'язку з воєнними діями, режим його роботи зазнав певних змін, спрямованих на гарантування безпеки та стабільності його функціонування. Варто зазначити, що, попри складну ситуацію, Канівське водосховище продовжує виконувати свої функції, зокрема в галузі гідроенергетики та водопостачання.

У роботі наведено результати мікробіологічних досліджень, проведених влітку 2024 року під час комплексних гідробіологічних спостережень верхньої ділянки Канівського водосховища в межах міста Києва. Досліджували бактеріальні метаугруповання прибережних локалітетів затоки Собаче Гирло, руслової ділянки (біля мосту «Хвиля Азову») та заплавного озера Вербне. Період проведення досліджень супроводжувався

нестабільним режимом роботи каскаду дніпровських водосховищ, спричинений воєнними діями: часті та високі амплітуди коливання рівня води [5]. Літній сезон характеризувався аномально спекотною погодою, відсутністю дощів, і як наслідок, маловодністю річок басейну Дніпра [4].

Були досліджені особливості структурно-функціональної характеристики бактеріопланктону, включаючи санітарно-бактеріологічні показники, у взаємозв'язку з фоновими гідрохімічними параметрами на київській ділянці Канівського водосховища.

Під час відбору проб температура води коливалася в межах 24,1–27,2 °С. Максимальні значення були зареєстровані у заплавному оз. Вербному. Концентрація розчиненого кисню змінювалася від 4,90 до 7,97 мг О/дм³, найвищі параметри були зафіксовані у заплавному озері. Також відзначали відповідні коливання рН – 7,85–9,18. Вміст біогенних елементів у воді локалітетів становив: азоту амонійного – 0,234–0,432 мг N/дм³, азоту нітратного – 0,092–0,098 мг N/дм³, азоту нітритного – 0,002–0,007 мг N/дм³. Високі показники спостерігали у зат. Собаче Гирло. Для фосфору фосфатів було відзначено динаміку зростання їх вмісту у воді за течією (0,032–0,202 мг Р/дм³). Показники перманганатної окиснюваності коливалися від 11,52 до 19,20 мг О/дм³, а біхроматної окиснюваності – 23,45–30,35 мг О/дм³. Відповідні максимальні показники були визначені на русловій ділянці.

Особливістю просторового розподілу угруповань бактерій планктону у досліджених локалітетах була залежність від метеорологічного, гідрологічного і гідрохімічного режимів. У найбільш гідрологічно стабільному заплавному оз. Вербному досліджені мікробіологічні параметри перевищували відповідні показники у планктоні руслової ділянки та затоки, що характеризувалися нестабільним водообміном. Високий рівень води у зат. Собаче Гирло та русловій ділянці водосховища, значна її каламутність, розвиток фітопланктону («цвітіння»), вплив хижаків, рекреаційне навантаження, а також потрапляння токсичних речовин у екосистеми внаслідок бойових дій стали причиною негативних наслідків для життєдіяльності мікроорганізмів. Надходження та накопичення забруднюючих

речовин природного і антропогенного походження відобразилося на домінуванні у планктоні досліджених локалітетів евтрофних бактерій над оліготрофними (у 3–21 рази) та значному вмісті санітарно-показових мікроорганізмів. Так, кількість кишкової палички (*Escherichia coli*) в середньому налічувала 700 КУО/100 см³, а фекальних ентерококів (*Enterococcus faecalis*) – 10 тис. КУО/100 см³. Найбільшу загальну кількість досліджених умовно-патогенних та патогенних бактерій у воді (35,8 тис. КУО/100 см³) відмічали на русловій ділянці.

Порівняльний аналіз даних за період 2022–2024 рр. виявив риси подібності у функціонуванні планктонних бактерій затоки та заплавного озера. Це може свідчити про існування спільних функціональних процесів у цих локалітетах, що впливають на формування складу метаугруповання бактерій.

Узагальнені дані свідчать про наявність очевидних негативних наслідків для функціонування та розвитку бактеріальних угруповань планктону, що склалися в умовах потепління клімату, нестабільного режиму водосховищ та непрогнозованого водообміну заплавних водойм Дніпра, викликаних воєнними діями.

Список літератури

1. Старосила Є. В. Вплив аномального режиму роботи Київської ГЕС та непрогнозованого водообміну на окремі елементи біоти різних локалітетів метаугруповань / Є. В. Старосила, Т. С. Рибка, Ю. М. Воліков та ін.// Тернопільські біологічні читання – Ternopil bioscience – 2024: VIII Міжнар. наук.-практична конф., 18-19 квітня, 2024. – Тернопіль: Вектор, 2024. – С. 388–391.
2. Старосила Є.В. Деякі еколого-санітарні показники бактеріопланктону в умовах нестабільного рівневого режиму водосховищ / Є.В. Старосила, В.М. Якушин, В.І. Юришинець, М.І. Лінчук // Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій: матеріали ІХ з'їзду Гідроекологічного товариства України, 18–20 вересня, 2024. – Дніпро. – 2024. – С. 188–190.
3. Старосила Є. В. Кількісні показники складових метаугруповання руслової ділянки Канівського

водосховища (Україна) / Є. В. Старосила, О. А. Давидов, Т. С. Рибка, Д. П. Ларіонова // Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій: матеріали IX з'їзду Гідроекологічного товариства України, 18–20 вересня, 2024. Дніпро. – 2024. – С. 48–50.

4. <https://mozmdv.gov.ua/monitorynh-iakosti-vody/>.

5. <https://t.me/uhmc2022>

УДК 577.1.57.044:152.574.2: 597.54

КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВМІСТУ НУКЛЕЙНОВИХ КИСЛОТ В ТКАНИНАХ КАРАСЯ ЗА ДІЇ МІКОТОКСИНІВ

Філоненко Д. А., Полотнянко Л. В.

Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т. Г. Шевченка

E-mail: mekhedolga@gmail.com

Мікотоксини є одним із найнебезпечніших природних ксенобіотиків, що здатні порушувати обмін речовин, структуру клітин і молекулярні механізми життєдіяльності організмів [3, 5]. Афлатоксин В1 і Т-2 токсин, продукти життєдіяльності пліснявих грибів, мають здатність інгібувати синтез нуклеїнових кислот, що особливо небезпечно для активно проліферуючих клітин. У риб, як холоднокровних організмів, вплив мікотоксинів на клітинні процеси вивчено недостатньо. Оцінка вмісту РНК та ДНК у різних тканинах дає змогу виявити тканинну чутливість та ступінь метаболічного порушення, що має значення для екоотоксикології та аквакультури [4, 6]. Карась є зручною моделлю через свою високу витривалість та чутливість до змін у водному середовищі [2]. У дослідженні [1] підкреслено чутливість водних організмів до комбінованого токсичного навантаження та може бути використано для порівняння з ефектами мікотоксинів. Дослідження виявило значні зсуви в метаболізмі що свідчить про метаболічний стрес та системний характер токсичної дії Т-2 [5]. Також було зафіксовано зниження вмісту загального білка, глікогену, а також підвищення показників пероксидного окиснення ліпідів, що свідчить про порушення енергетичного та білкового обміну в печінці та м'язах [7, 10]. Було виявлено, що навіть за нетривалого періоду

експозиції токсин має властивість накопичуватися, що створює потенційну небезпеку не лише для організму риби, а й для споживачів [8].

Метою нашого дослідження було оцінити кількісні зміни вмісту нуклеїнових кислот (ДНК і РНК) у тканинах карася під впливом мікотоксинів афлатоксину В1 і Т-2.

Для дослідження використовували карася (*Carassius* sp.). Дослідження здійснювали у лютому-березні 2025 року. на базі Чернігівської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів та лабораторій Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка. Маса риб коливалась в межах 150-200 г. Регулярно контролювали гідрохімічний режим води. Кількість риб, що були задіяні в експерименті, становила 24 особини. Концентрацію мікотоксинів створювали шляхом внесення розрахункових кількостей речовини у гранично допустимій концентрації 2 ГДК в перерахунку на корм. Дослідження проводили з дотриманням вимог Міжнародних принципів Гельсінської декларації про гуманне ставлення до тварин [9].

У нормі найбільший вміст РНК спостерігався в печінці, що узгоджується з високою метаболічною активністю цього органа. Мозок мав вищий рівень ДНК відносно маси тканини, що пояснюється стабільною популяцією нейронів. М'язова тканина мала найнижчі показники за обома типами нуклеїнових кислот. Під впливом АFB1 і Т-2 у всіх тканинах спостерігалось зниження вмісту як РНК, так і ДНК, що свідчить про гальмування синтетичних процесів і, ймовірно, активацію деградаційних шляхів. Найвиразніше зменшення рівня РНК відмічено у печінці, а ДНК — у мозковій тканині. Печінка виявилась найбільш вразливою до зменшення РНК, тоді як мозок — до зниження ДНК, що свідчить про специфічну дію токсинів на регуляторні й структурні механізми в різних тканинах. АFB1 сильніше знижував вміст РНК у печінці, ймовірно через специфічний гепатотропний ефект, пов'язаний з утворенням активних метаболітів. Т-2 токсин мав більш рівномірну і загальну токсичну дію, помітно знижуючи рівень нуклеїнових кислот у всіх тканинах, зокрема у мозку. Зменшення рівня РНК може бути наслідком інгібування РНК-полімераз або пошкодження рибосом, що властиво Т-2. Зниження ДНК пов'язане з імовірним впливом

токсинів на стабільність геному та індукцію апоптозу. Загальна дія свідчить про порушення процесів клітинної проліферації, транскрипції та репарації.

Висновки. Мікотоксини афлатоксин В1 та Т-2 знижують вміст нуклеїнових кислот у тканинах карася, порушуючи основні молекулярні процеси. Найбільш чутливою до АFB1 виявилась печінка, тоді як Т-2 спричинив виражені зміни у мозковій тканині. Обидва токсини сприяють інгібуванню транскрипції та, ймовірно, активують деградацію РНК. Усі досліджувані тканини демонстрували зниження рівня ДНК, що може вказувати на порушення клітинної стабільності. Отримані дані підкреслюють потенційну загрозу мікотоксинів для водних організмів навіть у низьких концентраціях.

Список літератури

1. Апецько А. М., Симонова Н. А., Мехед О. Б. (2021). Зміни біохімічних показників в органах та тканинах коропа лускатого *Cyprinus carpio* L. за дії гербіцидів в поєднанні із солями цинку. *Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології*: Матеріали XIV Міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції (м. Харків, 23-25 вересня 2021 року). Харків: Факт. С. 9-13
2. Лукаш О. В., Сапегін Л. М., Кирієнко С. В., Лукаш І. М., Дайнеко М. М., Тимофєєв С. Ф. (2012). Стан прибережно-водних екосистем на рекультивованих примостових ділянках Чернігівської і Гомельської областей у прикордонній смузі з Брянською обл. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. № 1. С. 121–127.
3. Желай М., Ячна М., Мехед О., Третяк О. (2023). Адаптивні зміни іхтіологічних показників коропових риб за дії мікотоксину Т2. Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату. С. 77-78.
4. Мехед О. Б. (2013). Вміст нуклеїнових кислот в органах та тканинах коропа залежно від умов утримання. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. №3 (56). С. 73-78
5. Ніколаєнко Т. М., Іващенко М. О., Іващенко Н. В., Мехед

- О. Б. (2023). Біохімічні показники крові лабораторних тварин за дії мікотоксину Т2. *Vin Smart Eco*. 276-277
6. Пантюшенко І. М., Мехед О. Б., Третяк О. П. (2012). Особливості нуклеїнового гомеостазу цьогорічки коропа за токсичних умов утримання. *Екологічний інтелект*. 63-65.
 7. Полотнянко Л. В., Мехед О. Б. (2023). Зміни біохімічних показників в тканинах коропа лускатого (*Cyprinus carpio* L.) під дією мікотоксину Т-2. *Актуальні проблеми дослідження довкілля* : Матеріали Х Міжнародної наукової конференції. Суми : Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка. С. 205-207
 8. Полотнянко Л., Мехед О. (2023). Накопичення мікотоксинів у м'язах коропа лускатого (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) при згодовуванні корму, контамінованого Т2-токсиком. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату*. VII Міжнародна наукова конференція: програма, тези доповідей. Чернігів : Десна-Поліграф. С. 105-106
 9. *World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. UMS. 2002. P. 42—46.
 10. Symonova N.A., Mekhed O.B., Kupchyk O.Y., Tretyak O.P. (2018). Toxicants in the degradation of lipids in the organism scaly carp. *Ukrainian Journal of Ecology* Volume 8, No 4. P. 6-10.

УДК: 628.194:628.11

**ВМІСТ МЕТАЛІВ У ВОДІ ТА ЇХ АКУМУЛЯЦІЯ У
ФІТОПЛАНКТОНІ (*CHLORELLA VULGARIS BEIJER*)
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО СТАВУ**

**Чвалюк Г. В., Корнієнко А. Ю., Грабовський В.-Д. М.,
Грубінко В. В., Калінін І. В.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: 0986372888g@gmail.com

Ознакою активного антропогенного впливу на довкілля вже давно стало забруднення поверхневих вод іонами металів та іншими небезпечними речовинами. Таке забруднення зазвичай негативно позначається на живих організмах, що так чи інакше залежать від забруднених водних об'єктів. Особливо істотним є вплив забруднення на ріст, розвиток та параметри життєдіяльності гідробіонтів. Проблеми екологічного ризику, пов'язаного із забрудненням водних об'єктів, є винятково актуальними у процесі експлуатації рибоводних ставків. З одного боку більшість таких об'єктів знаходиться у зоні активного впливу сільськогосподарської діяльності, транспорту, рекреації та промисловості, а тому є мішенню для потрапляння металів, що мають здатність до кумуляції. З іншого, продукція аквакультури становить важливий компонент раціону населення, а її екологічна безпека має надзвичайну вагу. *Chlorella vulgaris* Beijer є важливою ланкою ланцюга живлення для гідробіонтів Тернопільського ставу. Маючи властивість накопичення металів проти градієнту концентрації у сотні тисяч разів, вона відіграє важливу роль в очищенні води природнім шляхом. Обсяги надходження у довкілля металів унаслідок техногенного навантаження у сотні та тисячі разів перевищують їх фонові концентрації, що у глобальному масштабі дорівнює або перевищує їх промисловий видобуток [2].

Метою нашого дослідження було визначити та порівняти вміст металів (різних за життєвою необхідністю) у воді та у *Chlorella vulgaris* Beijer Тернопільського ставу з нормами їх вмісту згідно вимог Державних Санітарних Норм та Правил («Гігієнічних вимог до води питної, призначеної для споживання людиною» ДСанПіН 2.2.4-171-10) [3]. Також для кількісної оцінки кумуляції металів у цій мікрowodорості ми обрахували коефіцієнт накопичення (Кн) як відношення максимального вмісту речовини у певному компоненті (*Chlorella vulgaris* Beijer) (мг/кг) до його концентрації у воді (мг/дм³) [1].

Концентрацію досліджуваних компонентів вимірювали за допомогою атомно-емісійного спектрографічного методу.

В результаті дослідження виявлено, що серед досліджуваних нами елементів Кн для Натрію, Кальцію, Магнію, Нікелю, Молібдену становить менше 1000, де найменше значення

було у Кальцію, а найвище у Нікелю і Молібдену. Всі інші проявляли біологічну акумуляцію в розмірі від тисяч до кількох сотень тисяч. Речовини з помірною та слабовираженою кумуляцією (де Кн становив би 51 – 200, та менше 50) серед визначуваних нами мікроелементів виявлено не було (табл. 1).

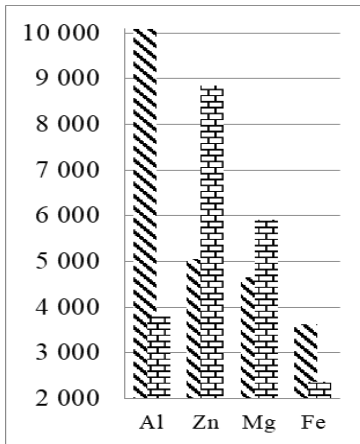
Зокрема серед досліджуваних нами біогенних мікроелементів, (які для зручності порівняння ми розмістили в порядку спадання) таких як $K > Mg > Na$ найбільший Кн мав Калій (5 900 мг/л), а найменший – Натрій (492 мг/л), серед есенціальних елементів (що проявляють токсичні властивості у високих концентраціях), таких як $Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Mo > Co$ – найбільший Кн спостерігався у Феруму (118 000 мг/л) і Цинку (88 500 мг/л), умовно-есенціальних – Силіцій (6666 мг/л), а неесенціальних (токсичних) – Алюміній (25 333 мг/л), найменше серед них кумулювалася у фітопланктоні Ртуть (600 мг/л).

Таблиця 1

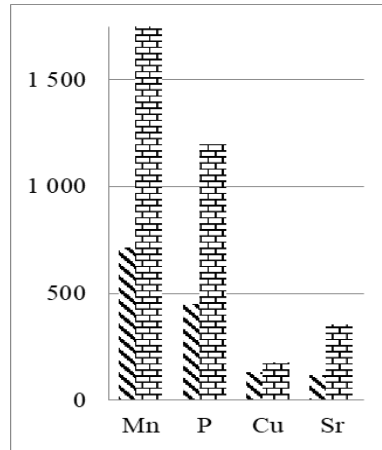
Вміст металів у воді і *Chlorella vulgaris* Beijer, та їх норми
згідно ДСанПіН

Назва елемента	Вміст металів у <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer (висушені і знезолені водорості), мг/дм ³	Вміст елементу у воді ставу, мг/дм ³	Коефіцієнт накопичення (Кн)	Норми ДСанПіН для водопровідної води, мг/дм ³	Перевищення норм ДСанПіН
Na	2 950	6	491,67	0,03	200,0
K	5 900	1	5 900,00	-	-
Ca	35 400	76	465,78	-	-
Mg	5 900	9,6	614,58	0,24	40,0
Fe	2 360	0,02	118 000,00	0,2	0,1
Mn	1 750	0,05	35 000,00	0,5	0,1
Cu	177	0,01	17 700,00	0,1	0,1
Ni	17	0,02	850,00	0,02	1,0
Mo	17	0,02	850,00	0,07	0,3
Zn	8 850	0,1	88 500,00	0,1	1,0
Pb	6	0,01	600,00	0,01	1,0
Al	3 800	0,15	25 333,33	0,2	0,8

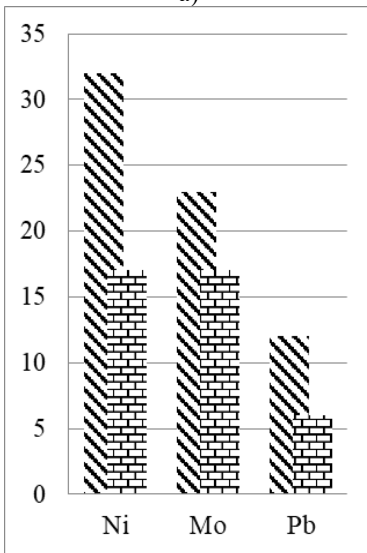
Для наглядності ступеню біоконцентрування металів у гідробіонтах, ми розділили показники на 3 групи: а) – показники біоаккумуляції від тисяч до десятків тисяч, б) – від кількох сотень до кількох тисяч, і в) – від кількох десятків до кількох одиниць (рис.1).



а)



б)



в)

Рис. 1 Порівняння акумуляції металів у *Chlorella vulgaris* Beijer (висушені і знезолені водорості) за 2023 та 2024 роки

Також, порівнявши дані за 2023 та 2024 роки, ми спостерігали різницю акумуляції металів фітопланктоном (*Chlorella vulgaris Beijer*) (рис. 2).

Так, найбільша різниця спостерігалася у Стронцію – його біоакумуляція за рік зросла у майже 3 рази, а найменше у Алюмінію – у майже 0,4 рази.

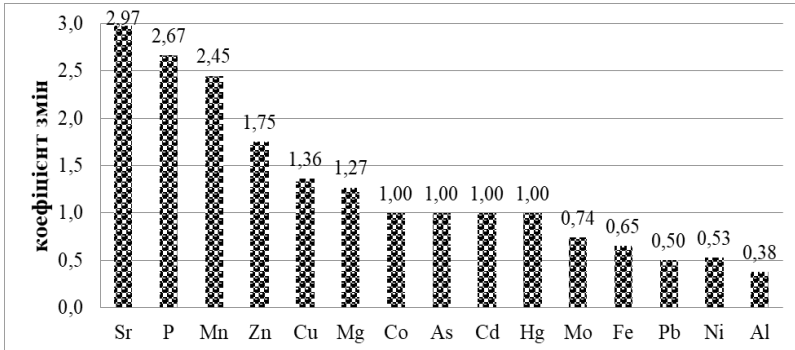
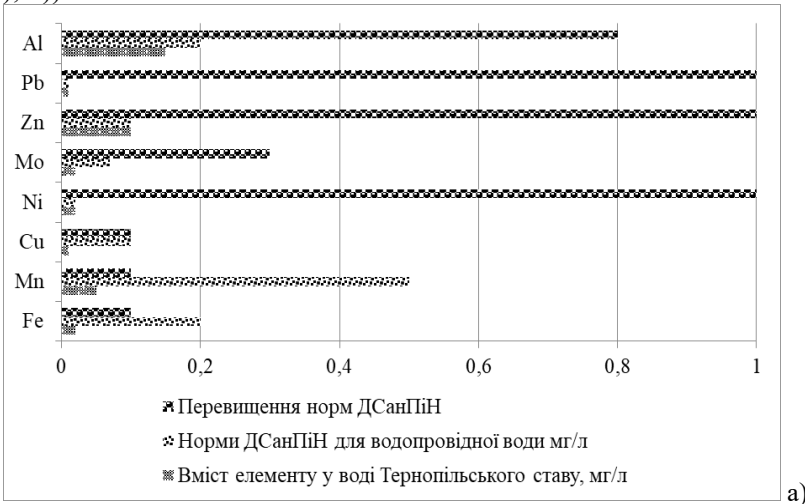


Рис. 2. Коефіцієнт змін акумульованих металів фітопланктоном (*Chlorella Vulgaris Beijer*) за 2023-2024 роки

Також в процесі нашого дослідження ми порівняли отримані дані з нормами вмісту металів згідно ДСанПіН (рис. 3 а), б)).



а)

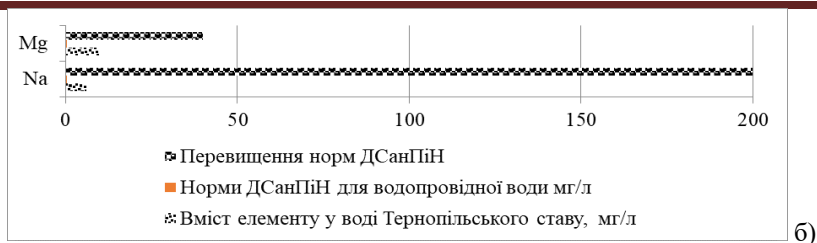


Рис. 3. Порівняння вмісту металів у воді Тернопільського ставу станом на 2024 рік з встановленими нормами ДСанПіН (а, б).

Список літератури

1. Бєдункова О. О., Петрук А. М. Оцінка стану водних екосистем за коефіцієнтами накопичення та акумуляції токсичних речовин. Вісник національного університету водного господарства та природокористування : Зб. наук. пр., м. Рівне. 2012. С. 60–67. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/10374/1/Vs588%20%D0%B7%D0%B0%D1%85.pdf> (Дата звернення 18.03.2025)
2. Градович Н. І., Параняк Р. П., Осередчук Р. С. Розподіл свинцю та кадмію у гідроекосистемі рибоводницького ставу. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2015. Т. 17(3). С. 380–388.
3. Державні Санітарні Норми та Правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10)
4. Kornelyuk N. M., Khomenko O. M. Особливості біоакумуляції важких металів деревною рослинністю в зоні локальної дії Черкаської теплоелектроцентралі (на прикладі м. Черкаси). Ukrainian Journal of Ecology. 2018. Т. 8, № 1. С. 953–960. URL: https://doi.org/10.15421/2018_298 (дата звернення: 18.03.2025).

РОЗДІЛ 7

**ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ПРИРОДНИХ
ТА БІОАКТИВНИХ СПЛУК**

УДК 582.998.2:615.322:547.913:547.972:577.112

**БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ ВИДІВ РОДУ
ARNICA L.**

Тарас Ю. М.¹, Ядчишин О. О.², Колісник Х. М.¹, Дробик Н. М.¹

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
Тернопільська ЗОШ I-III ступенів №16 імені Володимира
Левицького

E-mail: kolisnikhristina32@gmail.com

На сьогоднішній день розширюється діапазон наукових пошуків щодо вивчення та раціонального застосування лікарських рослин [3]. Це зумовлюється тим, що фітозасоби збагачують резерви організму, збільшують його резистентність та застосовуються у комплексній терапії захворювань [1]. Науковий інтерес до лікарських рослин пов'язаний із цінністю їх видів як сировини для медицини і фармації, що зумовлено вмістом ефірних олій, флавоноїдів, каротиноїдів, дубильних речовин, інуліну, воску, смол, арніцилу та інших речовин. Фізіологічний ефект препаратів з багатьох лікарських рослин поступовий, м'який, він не призводить до негативних зрушень в організмі, а навпаки, нормалізує життєво важливі процеси, забезпечує організм вітамінами, мінеральними солями, амінокислотами, підтримує на оптимальному рівні метаболізм [4]. До таких рослин, безперечно, відноситься і рід *Arnica* L. Останнім часом, у країнах Північної, Західної та Центральної Європи спостерігається різке зменшення площ з арнікою у зв'язку із порушенням екологічного балансу її оселищ та надмірної експлуатації ресурсів [5].

В Україні поширені 2 види роду *Arnica*: *Arnica montana* L. та *Arnica foliosa* Nutt., які представляють значний інтерес для

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

фармацевтичної промисловості, оскільки в них ідентифіковано широкий клас біологічно активних сполук (БАР) [4].

Зважаючи на вище зазначене, метою нашої роботи було проаналізувати вміст біологічно активних речовин видів роду *Arnica* як перспективної сировини для виробництва лікарських засобів.

Рід *Arnica* охоплює багаторічні трав'яні лікарські рослини, котрі широко застосовують у народній та офіційній медицині. З лікувальною метою використовуються квіткові кошики арніки (*Flos arnicae*), кореневища і корені (*Rhizoma et Radix arnicae*), у меншій мірі – листки (*Folium arnicae*) [2].

Варто проаналізувати основні компоненти, завдяки яким види роду арніки широко застосовуються як лікарські рослини. Зокрема, представники роду *Arnica* збагачені ефірними маслами, які мають анестезуючі, антимікробні, антигрибкові властивості [4], а цукрова фракція цих рослин відіграє важливу роль при лікуванні шкірних проявів алергічної етіології, арніка гірська має також імуномодулюючий ефект [5]. Фенольні кислоти, які містяться у рослин роду *Arnica*, володіють антибактеріальними властивостями, складні ефіри кофейної кислоти мають антиалергічні і протизапальні властивості, а хлорогенова кислота спричиняє сечогінний ефект [5]. Окрім цього, рослинна сировина видів роду *Arnica* містить флавоноїди, які з одного боку активують біосинтез простагландинів (гідрофільні флавоноїди) і на цій основі проявляють сечогінну і протинабрякову дію, а з іншого боку пригнічують біосинтез простагландин і тому мають протизапальну, локальну анестезуючу дію, а також гальмують нагромадження тромбоцитів. Лютеолін, кверцетин і еріодиктіол блокують липоксигеназу, чим можна пояснити антиасматичну, протизапальну дію флавоноїдів, а також антипухлинні властивості. Спазмолітична дія і послаблюючий ефект щодо дихальних м'язів пов'язані із здатністю флавоноїдів інгібувати фосфодіестерази. Внаслідок гальмування гіалуронідази і стимуляції пролігдроксилази флавоноїди зміцнюють сполучну тканину і підвищують опір капілярів. Також флавоноїди проявляють антибактеріальну, антигрибкову, імуностимулюючу, анальгетичну дію [5].

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

Найбільш специфічними речовинами арніки є арніцин і арніфолін. Арніцин (4%) – це суміш двох ізомерних тритерпеноїдних речовин – арнідіолу і фарадіалу із групи люпеолу. Арніфолін – складний ефір сесквітерпенового оксикетолактону і тиглинової кислоти. Арніфолін виявляє тонізуючий ефект на гладку мязову тканину матки [3].

Загалом, широкий спектр фармакологічної активності препаратів арніки проявляється у кровоспинній, жовчогінній, протисклеротичній, подразнюючій, імуномодуючій, бактерицидній та антиоксидантній дії, що зумовлено специфічним хімічним складом рослинної сировини [2].

Препарати *A. montana* застосовують при патологіях серцево-судинної системи (стенокардії, міокардиті), оскільки вони розширюють коронарні судини, покращують роботу серцевого м'яза, посилюють амплітуду серцевих скорочень, знижують артеріальний тиск та концентрацію холестерину у крові, швидше відновлюють функції центральної нервової системи після інсультів.

Отже, вміст біологічно активних речовин у складі арніки гірської дозволяє рекомендувати її у якості перспективного джерела для виробництва нових високоефективних фармакологічних засобів спрямованої терапевтичної дії.

Список літератури

1. Беленічев І. Ф., Коваленко С. І., Дунаєв В.В. Антиоксиданти: сучасні уявлення, перспективи створення. Ліки, 2002. № 1–2. С. 43–45.
2. Воробець Н. М. Фізіологічно активні речовини та антиоксидантна активність суцвіть арніки гірської (*Arnica montana* L.). Український біофармацевтичний журнал. 2012. №1-2(18-19). С. 82-85.
3. Конечна Р. Т., Петріна Р. О., Новіков В. П., Конечний Ю. Т., Шикуча Р. Г., Корнійчук О. П. Одержання екстрактів калусної маси та рослинної сировини *Arnica montana* L. Фармацевтична технологія та біофармація. 2015. №1-2. С. 100-104.
4. Солодовніченко Н. М., Журавльов М. С., Ковальов В. М. Лікарська рослинна сировина та фітопрепарати. Харків:

Вид-во НФаУ; МТК-книга, 2003. 408 с.

5. Kathe, W. Conservation of Eastern European medicinal plants: *Arnica montana* in Romania. In Medicinal and Aromatic Plants Agricultural, Commercial, Ecological, Legal, Pharmacological and Social Aspects Series: Wageningen UR Frontis Series. Bogers, Robert J.; Craker, Lyle E.; Lange, Dagmar (Eds.). 2006. Vol. 17, XVIII, 309 p.

УДК 504.5+581.1

THE TECHNICAL APPROACHES OF HUMIC SUBSTANCES INVESTIGATION IN SURFACE NATURAL WATERS

¹Ivanechko Ya. S., ²Khomenchuk A. V., ²Khomenchuk V. O.

¹LLC Ternopharm

²Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

E-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

Humic substances (HS) are ubiquitous component of organic matter presented in natural waters and grounds. HS are produced by complicated mixture of organic polyelectrolytes with different molecular weight, structural features and functional-grouping composition. HS are created in grounds and natural surface waters during the polycondensation process of different biomolecules [1]. Due to the water solubility all HS of natural waters are divided into the two groups: fulvic acids (FA) and humic acids (HA). FA are soluble at full range of pH of aquatic environment, while HA at the pH 2,0 and lower are insoluble [5]. It is known fact that in comparison to the biological polymers HS are not created by genetic code, however humus creation occurs under the natural environmental conditions and therefore each of HS molecule structurally is unequal. Chemical structure and properties of HS are substantially depending on structure and chemical properties of their parent substances, but both of them are only recently studied [1].

Due to the ecological meaning, it is difficult to overestimate the role of HS in functioning of hydro-ecosystems. As a matter of the fact, HS are very important source of organic substances in the total natural environment and nutrients for the aquatic plants and animals.

Furthermore, HS are a basic store of organic carbon in its global cycling and play very important role in nitrogen and phosphorus cycles. Humic compounds are dominative component among other natural aquatic organic substances [1]. However, the high content of HS in water objects has both positive and negative consequences. On the one hand, it is established out fact, that the HS due to their complexation properties are able to the binding some heavy metal ions and organic toxicants in the complex compounds and organic adducts, which in the consequence, are voided the toxic properties, whereby their detoxification is provided. On the other hand, high HS content provokes the decreasing of algae photosensitive activity and also induces decreasing of dissolved oxygen concentration, which is spent by their oxidation [1].

In this paper only partial aspects of HS investigation are represented. For derivation of HS from the natural water different adsorbents are used [1, 6]. For achieve this aim, diethylaminoethylcellulose (DEAE-cellulose) are usually applied. However, even using DEAE-cellulose can not preventive some losses of HS, that may have been happened at the derivation process. Moreover, higher content of HS in the water under research provokes their greater losses at the derivation process. The first of all, this problem concerns to the high colored waters, because in this occurrence losses of HS are the highest and may have been achieved to 18–25%. It was elucidated that, the using of three-stage desorbing scheme by 0.3 N NaOH and 0.1 N H₂SO₄ solutions is the best way to resolution of this problem, because this tool provides the most completely derivation of HS from DEAE-cellulose. It is known that degree of concentration of HS at the DEAE-cellulose column is none the less significant thing because, HS molecular weight distribution (MWD) depending on its value can be changed. It is proven fact that, the excessive concentration grade provokes the aggregation of HS molecules whereby the share of high molecular compounds in HS composition is increased. Do to the obtained results, relative content of high molecular compounds may have been increased from 49 to 58%. The Changes like these are usually observed at the passing through DEAE-cellulose column the high colored waters, such as bog's water or water from Prypiat River. However, concentration

degree is very important value for the investigation of low colored waters. On the grounds of carried out observation it was established that the optimal degree of concentration for the high colored waters is equal to 10-12 times, while for low colored ones it is 40-50 times.

Separation of HS on the humid and fulvic acids is carried out by way of acidification of their solution to pH 1,5-2,0 at the room temperature with following coagulation and precipitation that happens during 24 hours. HS separation is required for estimation of the complexation ability of HA and FA with ions of different metals. It is known, that during the separation process some irreversible changes of HS structure can be occurred. However, prevention of them remains impossible because alternative method of the HS separation is not invented. For determination of HS concentration molecular spectroscopy methods are usually applied, especially method of spectrophotometry and fluorescent spectrometry are used the most frequently [6]. Spectrophotometric determination is grounded on the measurement of the optical density at the 254 nm of wavelength. Concentration of HA is estimated by its self light absorption while, for the FA determination method of azocombination is used. Moreover, HS content in the water environment is also found by the measurements of water colority. As a consequence of our investigation it was established that results of measuring the optical density at 254 nm of solutions in comparison to other methods give slightly overestimated values of HS content, this is also evidenced by the results of our studies.

Due to the observation results, some discrepancies also arise among the results of HS MWD estimation obtained by method of spectrophotometry and fluorescent method at the applying both spectrophotometry and fluorescent methods for the HS MWD estimation which is carried out after its gel-chromatography separation process. Evidently, that the HS with different molecular weights have different fluorescent and light absorption properties [3, 4, 6].

For the MWD investigation of HS gel-chromatography and ultrafiltration methods are usually used [2]. Furthermore, above mentioned gel-chromatography method has proven to be a high performance and reliable tool for the MWD investigation not only of HS, but also for other dissolved organic substances [2].

In detail results of investigation are evidenced in the report.

1. Tipping E. Cation binding by humic substances. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 434 p.
2. Wu F. C., Evans R. D., Dillon P. J. High-performance liquid chromatographic fractionation and characterization of fulvic acid. *Anal. Chim. Acta*. 2002. Vol. 464. P. 47–55.
3. Peuravuori J., Pihlaja K. Molecular size distribution and spectroscopic properties of aquatic humic substances. *Anal. Chim. Acta*. 1997. Vol. 337. P. 133–149.
4. Relationship between fluorescence characteristics and molecular weight distribution of natural dissolved organic matter in Lake Hongfeng and Lake Baihua, China / L. Yue et al. *Chinese Science Bulletin*. 2006. Vol. 51, no. 1. P. 89–96.
5. Humic substances: Nature's most versatile materials / Edited by E. A. Ghabbour and G. Davies. New York: Taylor and Francis, Inc., 2005. 252 p.
6. Abbt-Braun G., Lankes U., Frimmel F.H. Structural characterization of aquatic humic substances – the need for a multiple method approach. *Aquat. Sci*. 2004. Vol. 66. P. 151–170.

UDC 547.538+547.466

**DEDIAZONIZATION OF ARYLDIAZONIUM TOSYLATES IN
THE PRESENCE OF TRIFLUOROMETHYLSULFIDE
ANIONS**

**Pidgurska D. V., Symchak R. V., Tulaidan H. M.,
Baranovskyi V. S.**

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

E-mail: baranovsky@tnpu.edu.ua

The high reactivity of aromatic diazonium salts necessitates their use immediately after preparation, so these compounds are often not isolated from solutions in their individual state (halides, nitrates, sulfates, perchlorates, etc.). Aryldiazonium salts with complex anions

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

are more stable (BF_4^- , PF_6^- , SbF_6^- , CuCl_4^{2-} , ZnCl_3^- , SnCl_6^{2-} , HgCl_3^-), but their practical applications, with the exception of tetrafluoroborates, do not meet the modern requirements of "green chemistry" [1].

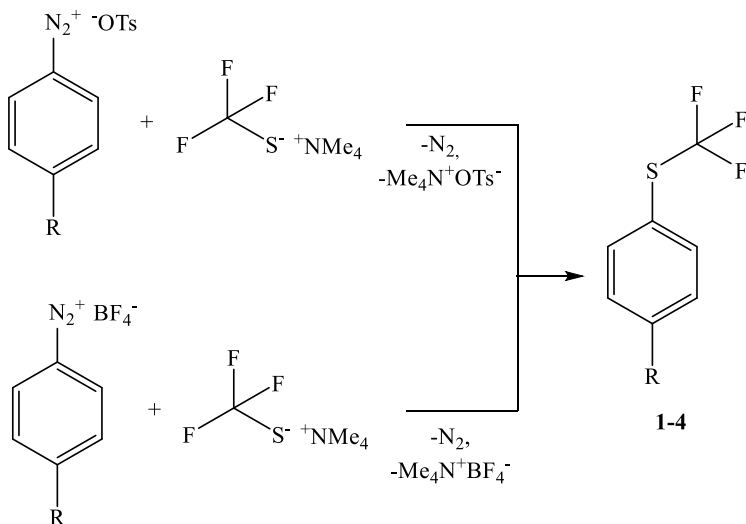
Another group of diazonium salts is known that could potentially serve as stable, "diazonium" building blocks. These include aromatic diazonium salts with arylsulfonate anions $\text{Ar}^1\text{N}_2^+\text{Ar}^2\text{SO}_3^-$. A limited number of such salts have been known for quite some time, but they were obtained only indirectly, namely by ion exchange from aryldiazonium chlorides $\text{ArN}_2^+\text{Cl}^-$, and from the chemical properties only azo coupling reactions and the synthesis of individual azo dyes have been studied sporadically [2]. An important advantage of the aryldiazonium tosylates obtained by us is their good solubility in water, alcohols, acetone, acetic acid, dimethyl sulfoxide, dimethylformamide, and acetonitrile. The solubility of these diazo compounds in water opens up the possibilities of syntheses involving them in aqueous and aqueous-organic media.

In order to study the reactivity of aryldiazonium tosylates, we studied the dediazonization of these diazo compounds under the conditions of the Gattermann-Sandmeyer reaction and compared these arylating reagents with the corresponding aryldiazonium tetrafluoroborates.

It was found that 4-methyl-, 4-chloro-, 4-bromo- and 4-nitrophenyldiazonium tosylates interact with tetramethylammonium trifluoromethylsulfide in a water-acetone (1:1) medium with the formation of products of substitution of the diazo group for the trifluoromethylsulfide group [3, 4] - aryltrifluoromethylsulfides **1-4**. Compounds **1-4** were also obtained by countersynthesis starting from aryldiazonium tetrafluoroborates. In both cases, the same dediazonization products are formed, which is confirmed by the determination of their physicochemical constants.

The use of diazonium tosylates in this reaction provides a number of advantages, in particular, the dediazonization temperature is slightly increased (by 10-15°C), nitrogen release occurs more evenly, and the proportion of azo coupling products and other competing processes in the reaction mixtures decreases. It has also been established that the yields of aryltrifluoromethyl sulfides under

these conditions increase by 15-20%.



The yields of dediazonization products are higher under copper-catalysis conditions (74% (compound **1**), 80% (**2**), 81% (**3**), 85% (**4**)). When the reaction is carried out in the absence of a catalyst, the yields of trifluoromethyl sulfides decrease by 25-40% due to the competing processes of azo coupling and transformations of the anionoid reagent. At the same time, the nitrogen release temperature increases by 10-20°C.

Thus, aryl diazonium tosylates are milder, but at the same time highly reactive compounds that can be used as effective arylating reagents in dediazonization reactions in the presence of nucleophiles. These reagents will be especially useful in reactions with unsaturated compounds in the presence of strong nucleophiles (anionarylation reactions), since their conduct requires a fairly low temperature, sometimes reaching below -30°C, which requires active cooling of the reaction mixtures. In particular, the reactions of thiocyanato-, O-alkyldithiocarbonato- and N,N-diethyldithiocarbamatoarylation in most cases occur vigorously at low temperatures and are strongly exothermic. Reducing the reaction rate will positively affect the regioselectivity of these reactions and allows for their kinetic control.

According to the data of experimental studies, the synthesized

compounds proved to be quite effective in terms of antibacterial and antifungal action.

Literature

1. Mo F., Qiu D., Zhang L., Wang J. Recent development of aryl diazonium chemistry for the derivatization of aromatic compounds. *Chemical Reviews*. 2021. V. 121(10). P. 5741-5829.
2. Mihelač M., Siljanovska A., Košmrlj J. A convenient approach to arenediazonium tosylates. *Dyes and Pigments*. 2021. V. 184. P. 108726.
3. Adams D. J., Clark J. H. Preparation of trifluoromethyl aryl sulfides using silver (I) trifluoromethanethiolate and an inorganic iodide. *Journal of Organic Chemistry*. 2000. V. 65(5). P. 1456-1460.
4. Xu X. H., Matsuzaki K., Shibata N. Synthetic methods for compounds having CF₃-S units on carbon by trifluoromethylation, trifluoromethylthiolation, triflylation, and related reactions. *Chemical reviews*. 2015. V. 115(2). P. 731-764.

UDC 547.9 + 582+ 615.28

**SYNTHESIS AND GROWTH-REGULATORY ACTIVITY OF
2-ARYLBUTENE-1,4-DIOIC ACIDS**

**¹Tulaidan H. M., ¹Symchak R. V., ²Zahrychuk H. Ya.,
¹Baranovskyi V. S.**

¹Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

²I. Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil,
Ukraine

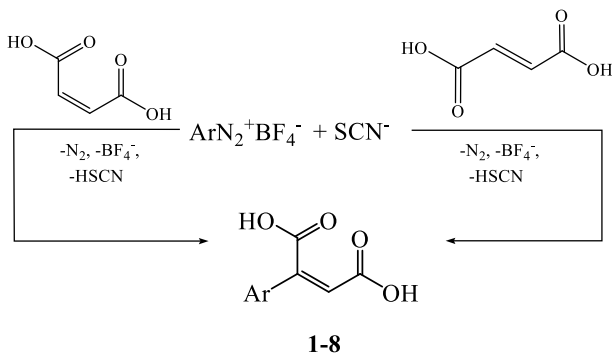
E-mail: baranovsky@tnpu.edu.ua

Saturated and unsaturated dicarboxylic acids are important in modern crop production as growth promoters and plant protection agents. Their use contributes to increased yields, improved stress resistance, and reduced dependence on chemical pesticides. In particular, succinic acid helps to increase yield, improve

***Хімія навколишнього середовища, природних та
біоактивних сполук***

photosynthesis, nitrogen fixation and other metabolic processes in plants. It also increases plant resistance to stress factors and can be used as a natural pesticide. Some dicarboxylic acids, such as malonic and maleic, have fungicidal and bactericidal properties. They can inhibit the development of phytopathogens and stimulate plant defense mechanisms, which makes them promising for biological plant protection [1].

In order to obtain new derivatives of dicarboxylic acids, we obtained their arylation products – 2-aryl-2-butenedioic acids **1-8** by the interaction of aryldiazonium tetrafluoroborates with maleic and fumaric acids in the presence of rhodanide anions according to the scheme:



Ar = Ph (**1**), 4-MeC₆H₄ (**2**), 4-MeOC₆H₄ (**3**), 4-BrC₆H₄ (**4**), 4-COOHC₆H₄ (**5**), 4-SO₃HC₆H₄ (**6**), 4-SO₂NH₂ (**7**), 4-CONH₂C₆H₄ (**8**)

These reactions occur at -28 –18°C, in the presence of a catalyst – copper (II) tetrafluoroborate in a water-acetone (1:2) solution. The optimal ratio of reagents: aryldiazonium salt – maleic or fumaric acid – potassium rhodanide – copper (II) tetrafluoroborate is 1.0 : 1.0 : 1.1 : 0.11. The yields of arylation products **1-8** under the studied conditions are 50-79% based on unsaturated acid.

The structure of the obtained compounds **1-8** was confirmed by IR and ¹H NMR spectra. Analysis of the IR spectra shows the absence of the rhodane group in any of its isomeric forms in their structure (characteristic absorption bands in the region 2170-2140 (SCN) and 2080-2040 (NCS) are not observed). In addition, broad bands with maxima at 3440-3424 cm⁻¹ indicate the presence of hydrogen-bonded

hydroxy groups in their structure.

Thus, arylation reactions [2] of unsaturated dicarboxylic acids with aryldiazonium salts allow modifying these compounds by introducing aromatic fragments while simultaneously preserving both carboxyl groups, which opens up wide possibilities for obtaining new derivatives with practically useful properties based on them.

The study of the growth-regulating activity of synthesized arylation products was carried out on seeds of winter wheat of the first reproduction variety "Lazurna" which were treated with solutions of the corresponding substances **1-8** with a concentration of 0.002%. Distilled water was used as a control. The studies were carried out in accordance with DSTU 2240-93. To determine the germination energy and seed germination, 4 samples of 100 seeds were taken for one variant of the studies. Filter paper was used as a bed, germination was carried out on paper. The filter paper was moistened by spreading the seeds. Germinated seeds were counted in two periods: on the 3rd day, germination energy was determined, on the 7th - germination. Germination was determined as the arithmetic mean of the germination results of four samples [3].

At the initial stage (day 3), the germination energy index varied slightly (CV = 7%). Thus, the absolute majority of the experimental variants prevailed over the control – 3.7 – 18.8%. The most significant increase relative to the control variant was noted with substance **6** – 18.8; relative to the variant with succinic acid – 4.3%. Substance **1** was characterized by a somewhat lower value, + 13.6% to the control and equivalent to succinic acid. The germination energy in the variant with substance **2** was insignificantly higher than in the control (+3.7%) and significantly lower relative to succinic acid (-8.7%). Substances **6-8** contributed to a significant increase in germination energy relative to the control and a insignificant decrease relative to succinic acid in the variant with substance **5**.

On the 7th day, the germination energy varied within 4% between the variants. The variant with the use of substance **5** contributed to the smallest increase in this indicator relative to the control - 7.1% and a slight decrease (by 2.2%) relative to succinic acid. The variant with substance **2** was equivalent to succinic acid and higher than the control by 9.5%. Compounds **1, 4, 7** had the same

effect: +10-12% to the control and +2-3% to succinic acid. Substance **6** was the most effective +14.3% to the control and + 4.3% to succinic acid.

In general, the results of the study showed that compound **6** – 2-(4-sulfophenyl)butene-1,4-dioic acid – has a sufficiently high growth-regulatory activity, while a negative effect is observed for compound **5** – an arylation product containing a carboxyl group in the aromatic fragment.

Thus, the obtained data confirm the promising use of the compounds synthesized by us as seed germination stimulants and plant growth regulators.

Literature

1. Kayalvizhi R., Sanjana J., Jacob S., Kumar, V. An eclectic review on dicarboxylic acid production through yeast cell factories and its industrial prominence. *Current Microbiology*. 2024. V. 81(6), P. 147. <https://doi.org/10.1007/s00284-024-03654-4>.
2. Carneiro L. S., Buarque, C. D. Arylation of C= C bonds via non-cross-coupling reactions: historical evolution of the Meerwein arylation mechanisms. *ChemTexts*. 2025. V. 11(2), P. 6. <https://doi.org/10.1007/s40828-025-00202-w>
3. Carrión B., Gonzalez-Hernandez H. G., Lozoya-Santos J. J., Alonso-Valerdi L. M., Cruz P. P., Ramirez-Mendoza R. A., Zavala-Yoé R., Morales-Menendez R. Biometry. Technology, Trends and Applications. CRC Press, 2022. 218 p.

РОЗДІЛ 8

ОХОРОНА ПРИРОДИ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 631.41:504.5(477.87)

АНАЛІЗ РН ТА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ЦЕНТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЬ М. УЖГОРОДА

**Боднарюк Р. М.¹, Вакерич М. М.^{1,2}, Гасинець Я. С.¹,
Швартау В. В.³**

¹ДВНЗ "Ужгородський національний університет"

²Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр МВС України

³Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

E-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

Стан ґрунтового покриву в умовах інтенсивної урбанізації є важливим індикатором екологічної безпеки міського середовища та ключовою ланкою у функціонуванні екосистем міст. Ґрунт виконує багато системних функцій – від фільтрації й утримання забруднювальних речовин до забезпечення умов для життя рослин і мікроорганізмів. В умовах міста ґрунт піддається постійному антропогенному навантаженню, внаслідок чого його хімічний склад може суттєво змінюватися. Особливо небезпечним є накопичення важких металів (ВМ), таких як цинк (Zn), мідь (Cu), свинець (Pb), марганець (Mn) тощо, які мають здатність до біоаккумуляції, потенційну токсичність, низькі рівні мобільності в природному середовищі [1, 2, 5].

Основним джерелом потрапляння ВМ у міські ґрунти є автотранспорт – як особистий, так і громадський. Метали надходять у ґрунт через викиди з вихлопних труб, зношування шин, гальмівних колодок, корозію металевих деталей, а також разом із зливовими водами. У місцях з інтенсивним транспортним рухом концентрація токсичних елементів у ґрунті значно перевищує фонові значення, що створює ризики для здоров'я населення, особливо у зонах проживання та розташування навчальних закладів [3].

Окрему увагу слід приділяти кислотності ґрунту, яка є важливою характеристикою, що визначає доступність хімічних елементів для рослин і мікроорганізмів, а також впливає на розчинність, міграцію та біодоступність ВМ. За зростання кислотності ґрунтів у частини металів, насамперед редокс-металів (Cu, Zn, Mn, Fe) зростають рівні доступності для мікроорганізмів та рослин, що підвищує ймовірність їх потрапляння в трофічні ланцюги. Тому аналіз рН ґрунту поряд із визначенням вмісту токсичних елементів дозволяє комплексно оцінити екологічний стан урбоґрунтів [4].

Таким чином, дослідження рівнів кислотності та валового вмісту ВМ у ґрунтах центральної частини міста є безумовно актуальним, оскільки дозволяє виявити потенційно небезпечні зони, оцінити величини техногенного навантаження та надати науково обґрунтовані рекомендації щодо збереження та поліпшення якості міського середовища.

Метою даного дослідження було визначити рівні рН та валового вмісту ВМ у ґрунтах прилеглих до найбільш завантажених автотранспортом вулиць м. Ужгорода та провести порівняння з умовно чистою контрольною ділянкою – Ботанічним садом УжНУ.

Дослідження проводили на семи вибраних ділянках, включаючи найбільш завантажені транспортом вулиці – Собранецьку, Проспект Свободи, Митну, Минайську, Марії Заньковецької, у тому числі – на двох контрольних ділянках Ботанічного саду (власне Ботсад і Ботсад – Шахта).

Зразки ґрунту відбиралися з поверхневого горизонту 0 - 20 см. Визначення актуальної кислотності (рН) здійснювали потенціометричним методом у водній витяжці. Валовий вміст ВМ (Zn, Cu, Pb, Mn) визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Біологічна повторність кожного експерименту 6-кратна. Статистичну обробку даних здійснювали методом дисперсійного аналізу з подальшим застосуванням критерію Стюдента. Дані вважали достовірними при рівні значущості $P < 0,05$.

Отримані результати свідчать про те, що всі досліджувані ґрунти мають слабокислу реакцію. Найнижче значення рН зафіксовано на контрольній ділянці (Ботсад) – 5,91, що відповідає

природним умовам ґрунтоутворення без впливу урбанізованих факторів. На решті ділянок рН коливається в межах 6,04–6,36, що вказує на незначне залуження, імовірно зумовлене впливом міського пилу та техногенних викидів.

Вміст ВМ у ґрунтах центральних вулиць перевищує показники контрольних ділянок у 1,5–3,5 рази, особливо це стосується свинцю (Pb), рівень якого в контрольному зразку становив 2,6 мг/кг, тоді як у зразках із Митної та Проспекту Свободи — понад 9 мг/кг. Цинк також накопичується в значних кількостях, з максимальними значеннями на вул. Митній (24,7 мг/кг); найнижчий показник елементу визначено у зразку ділянки Ботсад – Шахта (17,6 мг/кг).

Найбільш забрудненими виявилися ґрунти на вул. Митній та вул. Заньковецької, що може бути пов'язано з високим рівнем автомобільного трафіку, наявністю перехресть та зупинок громадського транспорту. Варто зазначити, що підвищення концентрацій марганцю також є показником активного техногенного впливу, хоча цей метал частково має природне походження у регіоні.

Отримані результати свідчать про утворення локальних зон забруднення у межах міста, що потребують уваги з боку екологічних служб. Ґрунти центральних вулиць Ужгорода мають слабокислу реакцію середовища, проте дещо вищу порівняно з контрольною ділянкою, що може бути пов'язано з урбанізаційним впливом.

У зразках ґрунту із найбільш завантажених транспортом вулиць зафіксовано істотне підвищення вмісту ВМ, особливо свинцю та цинку. У зразках контрольних ділянок Ботанічного саду не спостерігали високих рівнів накопичення ВМ.

Отримані дані підтверджують необхідність регулярного моніторингу ґрунтів у межах міських територій, зокрема у місцях активного транспортного руху, з метою запобігання деградації міського середовища та зниження ризиків для здоров'я населення.

Список літератури

1. Вакерич М. М., Швартау В. В., Гасинець Я. С., Боднарюк Р. М., Король М. В., Васильняк К. В. Фітотоксичний ефект урбаноземів Ужгорода за умов інтенсивного впливу

- викидів автотранспорту. Фізіологія рослин і генетика. 2018, 50(6), 540-548, <https://doi.org/10.15407/frg2018.06.540>
2. Боднарюк Р. М., Вакерич М. М., Гасинець Я. С. Фітоіндикація ґрунтів деяких вулиць м. Ужгорода. Матеріали 75 підсумкової конференції професорсько-викладацького складу ДВНЗ «УжНУ». Серія «Біологія». 28 лютого 2021 р., 26 с.
 3. Боднарюк Р. М., Вакерич М. М., Гедзур Т. І., Гасинець Я. С., Кресей Т. В. Фітоіндикація примігстрального ґрунту в умовах Ужгородського району Закарпаття. Актуальні проблеми фізіології рослин і генетики: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 75-річчю Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. – Київ, Інтерсервіс, 2021, 138-140.
 4. Alloway, B. Heavy metals in soils. In Trace Elements and Metalloids in Soils and Their Bioavailability; Environmental Pollution; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2012, 22, 11–50, https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_2
 5. Laptiev V., Giltrap M., Tian F., Ryzhenko N. Assessment of Heavy Metals (Cr, Cu, Pb, and Zn) Bioaccumulation and Translocation by *Erigeron canadensis* L. in Polluted Soil. *Pollutants*. 2024, 4(3), 434-451, <https://doi.org/10.3390/pollutants4030029>

УДК 504.054: 504.53.06

**ВПЛИВ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ НА
ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РЕМЕДІАЦІЇ**

Вакерич М. М.^{1,2}, Швартау В. В.³, Гасинець Я. С.¹, Голомб Л. А.¹

¹ДВНЗ "Ужгородський національний університет"

²Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр МВС України

³Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

E-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

Війна в Україні, яка триває з 2014 року і набула масштабів

повномасштабного вторгнення у 2022-му, спричинила катастрофічні наслідки не лише для людських життів і інфраструктури, а й для довкілля. Екосистеми України зазнали значного антропогенного навантаження, у тому числі й забруднення важкими металами (ВМ) – надзвичайно токсичними елементами, що можуть завдавати шкоди як довкіллю, так і здоров'ю людини протягом тривалого часу.

Основними джерелами забруднення ВМ в результаті військових дій є вибухи боєприпасів: мін, авіаційних бомб, ракет тощо; згорання військової техніки, руйнування промислових об'єктів та інфраструктури. У процесі цих дій у навколишнє середовище вивільняються ізотопи урану (U), свинець (Pb), кадмій (Cd), ртуть (Hg), хром (Cr), мідь (Cu), цинк (Zn), нікель (Ni), миш'як (As) та інші метали, які потрапляють у ґрунт, воду, атмосферу, а згодом – у живі організми [1].

Ґрунти є одним із перших накопичувачів ВМ та їх сполук. Вони мають властивість акумулювати токсичні елементи, особливо в прифронтових зонах та на деокупованих територіях. Це веде до деградації структури ґрунту, зменшення його родючості, порушення мікробіологічного балансу. Водойми також піддаються серйозній контамінації через поверхневий стік, особливо після дощів і танення снігу. Метали потрапляють у річки, озера, а потім – у підземні води та донні відклади. Це впливає на водну флору та фауну, зокрема призводить до накопичення токсичних речовин у рибі, молюсках та планктоні [2, 4].

Атмосферне повітря також піддається забрудненню: аерозольні частки металів, що виникають при вибухах або горінні техніки, можуть розповсюджуватись на десятки кілометрів. В кінцевому результаті, вони осідають на рослинності, потрапляють у легені людини й тварин, створюючи серйозні загрози їх здоров'ю [3].

Тривала акумуляція ВМ у природних системах призводить до їх включення в харчові ланцюги, що з часом може викликати хронічні захворювання у населення – зокрема ураження печінки, нирок, порушення центральної нервової системи та онкологічні захворювання. Це також є фактором ризику для вимирання окремих видів живих організмів, зниження біорізноманіття та

порушення стабільності екосистем.

Для подолання цих екологічних наслідків необхідно впроваджувати системні підходи до ремедіації – тобто очищення та відновлення забрудненого природного середовища [5]. Одним із найефективніших методів є фіторемердіація – застосування рослин, здатних поглинати та накопичувати ВМ у своїх тканинах чи органах. До таких культур належать соняшник, гірчиця, ріпак, верба тощо. Цей підхід є екологічно чистим, доступним та придатним для впровадження на великих територіях.

Іншим перспективним напрямом є мікробіологічна ремедіація – використання специфічних штамів бактерій і грибів, які фіксують метали або змінюють їхню хімічну форму на менш токсичну. Також застосовуються хімічні методи, зокрема іммобілізація металів у ґрунті за допомогою сорбентів – переважно цеоліту, бентоніту, вапна.

Окремі водні об'єкти потребують гідрохімічної стабілізації: введення реагентів, які осаджують метали та запобігають їхньому подальшому поширенню. У випадках високих рівнів забруднення проводиться механічна рекультивация, тобто видалення шару ґрунту або донних відкладів з подальшою утилізацією [4].

Світовий досвід свідчить, що подібні заходи є результативними. Так, після війни в Перській затоці Кувейт успішно застосовував біоремердіацію нафтових плям, а країни Балкан – фіторемердіацію забруднених територій після використання зброї зі збідненим ураном. Ці підходи можуть бути адаптовані для умов України з урахуванням її кліматичних, геологічних особливостей та умов ведення сільського господарства.

В умовах повоєнного відновлення України надзвичайно важливо сформувати загальнонаціональну стратегію екологічної реабілітації, яка передбачатиме не лише фізичне очищення середовища, а й наукові дослідження та активний моніторинг ценозів, залучення до робіт з відновлення місцевих громад і забезпечення міжнародної підтримки. Відновлення довкілля – це не просто технічне завдання, це – етичний імператив, адже мова йде про життя теперішнього та майбутніх поколінь українців, а також про збереження унікальної природи нашої країни.

Список літератури

1. Вакерич М.М., Гасинець Я.С. Вплив військової агресії росії на довкілля України. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2024», присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого- фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки, професора Кузьми Миколайовича Векірчика, 18-19 квітня 2024 р. Тернопіль: Вектор, 2024, 361-365 с.
2. Bermudez, G. M. A., Jasan, R. & Pla, R. Heavy metals and trace elements in atmospheric composition out: their relationship with topsoil and wheat element. *J. Hazard Mater.* 213–214, 447–456 (2012).
3. Holomb L., Vakerych M., Hasynets Ya., Schwartau V. Detection of heavy metals in soil to determine phosphorus and potassium levels. International Scientific Conference “Genetics, Physiology and Plant Breeding” (VIIIth Edition), October 7-8, 2024 (Chisinau, Republic of Moldova) 574-577.
4. Shumilova O., Sukhodolov A., Osadcha N., Oreshchenko A., Constantinescu G., Afanasyev S. et al. Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine *Science* 387, 1181-1186 (2025). DOI:[10.1126/science.adn8655](https://doi.org/10.1126/science.adn8655)
5. Remediation of Cu, Pb, Zn and Cd-contaminated agricultural soil using a combined red mud and compost amendment / R. Zhou et al. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2017. Vol. 118. P. 73–81. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.01.023>

УДК 551.5:061.1

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ

**Гуменюк Г. Б., Сокіл Б. Б., Дух Р. М., Яворівський Р. Л.,
Гавришок Б. Б., Вальорна Н. І.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: natalavalorna7@gmail.com

Якість води – це поєднання хімічного і біологічного складу

та фізичних властивостей води, що зумовлює її придатність для конкретних видів водокористування. Встановлені значення показників якості води (фізичні, хімічні та біологічні) називаються нормами якості води і відповідають певним стандартам [3]. Вимоги до якості питної води встановлені ДСанПіН 2.2.4-171-10 і поширюються на воду, що подається централізованими системами господарсько-питного водопостачання і використовується для питних та побутових цілей, виробництва харчових продуктів. Зважаючи на важливість цього питання, право на безпечну питну воду та належні санітарно-гігієнічні послуги, які є фундаментальними для повноцінного життя, реалізації прав людини та забезпечення людської гідності, було закріплено Декларації ООН про права селян та інших осіб, які працюють у сільській місцевості Українські Державні санітарні норми (ДСанПіН) встановлюють чіткі критерії якості питної води. У розділі 3.1 цих норм зазначено, що вода, яку ми п'ємо, повинна відповідати певним гігієнічним вимогам. Це означає, що перед тим, як вжити воду, кожен споживач має бути переконаний, що вона:

- є безпечною з точки зору можливих епідемій та радіаційного забруднення;
- має прийнятні для споживання властивості – колір, запах та смак;
- не містить шкідливих хімічних речовин у небезпечних концентраціях;
- загалом відповідає усім встановленим гігієнічним стандартам.[2]

Україна має дефіцит доступних водних ресурсів і займає лише 111 позицію серед 152 країн світу та 17 місце з-поміж 20 європейських держав за цим показником. Проблема якості питної води залишається особливо гострою в сільських районах, де основним джерелом водопостачання є підземні води. Централізоване водопостачання наявне лише у 5 215 із 22 204 сільських населених пунктів, що становить приблизно 24% від загальної кількості [2]. Більшість колодязів та індивідуальних свердловин перебуває в незадовільному санітарно-технічному стані. Головним фактором забруднення підземних вод виступає сільськогосподарська діяльність – застосування мінеральних

добив та діяльність тваринницьких комплексів призводять до нітратного забруднення водних об'єктів. Ця проблема спостерігається у більшості країн світу. Оцінювання якості води з централізованих систем питного водопостачання в Україні здійснюється шляхом дослідження вісімдесяти різних показників, які об'єднуються в сім категорій: органолептичні властивості (такі як запах, смак, колір), загальні санітарно-хімічні характеристики води, вміст токсичних речовин, гідробіологічні особливості, мікробіологічні показники, наявність паразитів та рівень радіаційної безпеки. Залежно від результатів цього всебічного аналізу, якість води класифікується за чотирма рівнями: перший клас – відмінна, бажана якість; другий клас – добра, прийнятна якість; третій клас – задовільна, прийнятна якість; і четвертий клас – посередня, обмежено придатна та небажана якість. Ця система класифікації є основою для оцінки та забезпечення належної якості питної води для населення.[5].

Війна в Україні серйозно забруднює водні об'єкти залишками військової техніки, боєприпасами та паливно-мастильними матеріалами, що призводить до перевищення концентрації важких металів (ртуті, міді, цинку, марганцю) [1]. Основна причина погіршення якості води – руйнування інфраструктури водопостачання та водоочищення через бойові дії. Пошкодження станцій, насосів та водогонів унеможливорює належне очищення води. Додаткове забруднення спричиняють влучання снарядів у промислові об'єкти та відсутність електроенергії для роботи очисного обладнання.

В Європейському Союзі якість питної води значно вища, адже майже у 100% випадків вона відповідає встановленим мікробіологічним та хімічним нормам. Крім того, ЄС активно працює над зменшенням споживання бутильованої води. Очікується, що це дозволить жителям заощаджувати значні кошти щороку та сприятиме зменшенню пластикових відходів, що позитивно вплине на довкілля [4].

Список літератури

1. Безпечність води в умовах війни є питанням національної безпеки // Державне агентство водних ресурсів України. – <https://dav.r.gov.ua/news/bezpechnist-vodi-v-umovah-vijni-ye-pitanniam-nacionalnoi-bezpeki> (дата звернення:

- 28.04.2025).
2. Гафурова О., Новак Т., Голуб С. Проблеми забезпечення права населення на доступ до інформації про якість питної води // Серія: Право. – 2023. – Вип. 79, ч. 1. – С. 94–100. (дата звернення: 28.04.2025).
 3. Комплексна екологічна оцінка якості води селітебних територій Могилів-Подільського району Вінницької області // Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/other/2020/02/ii-tur-ekologia/roboti/79_%D1%8F%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
 4. ЕКраїна: Моніторимо якість води за стандартами ЄС // Вінницька обласна військова адміністрація. <https://www.vin.gov.ua/news/eukraina/42745-eukraina-monitorymo-iakest-vody-za-standartamy-yes> (дата звернення: 28.04.2025).
 5. Якісна питна вода – основа здоров'я людини – «Вісник Розділля». «Вісник Розділля». URL: <https://search.app/eCYPxm4KfLgbo1AYA> (дата звернення: 28.04.2025).

УДК 355.58:620.9

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІД ЧАС ВІЙНИ: ВИКЛИКИ ТА РІШЕННЯ

Мостецька О. І., Москалюк Н. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: mostetskaolena1@gmail.com

На сьогодні енергосистема України має справу з багатьма проблемами, адже війна створює безпрецедентні виклики для енергетичної інфраструктури та споживання енергії. Руйнування енергетичних об'єктів, перебої в постачанні палива, масова міграція населення та необхідність підтримки критичної

інфраструктури в умовах бойових дій кардинально змінюють картину енергоспоживання. Раціональне використання електроенергії є важливою складовою частиною національної безпеки та економічної стабільності країни, особливо в умовах воєнного стану. Війна завжди супроводжується значними змінами в економічному, соціальному та екологічному середовищі, що змушує адаптувати енергетичні стратегії до нових умов. Одним із ключових завдань суспільства є збереження та раціональне використання енергетичних ресурсів, оскільки у таких умовах навіть незначне зменшення споживання електроенергії може допомогти запобігти масовим відключенням і забезпечити стабільність критичних інфраструктурних об'єктів [1, с. 7].

Метою публікації є обґрунтування важливості раціонального використання електроенергії в Україні в умовах війни як ключового елементу національної безпеки та економічної стабільності.

В Україні на державному рівні реалізується низка стратегічних програм з енергоефективності та енергозбереження. Ключовим документом є Національний план дій з енергоефективності до 2030 року, який визначає основні заходи для енергетичної трансформації економіки та скорочення викидів парникових газів. План передбачає зменшення викидів на 65% порівняно з 1990 роком та збільшення частки відновлюваних джерел енергії до 27% від загального кінцевого енергоспоживання [4]. Крім того, уряд України працює над диверсифікацією джерел енергопостачання та зменшенням залежності від імпорту енергоносіїв.

Важливу роль відіграє Фонд енергоефективності, який з 2024 року активно підтримує енергомодернізацію та відновлення пошкоджених об'єктів, надаючи фінансову й технічну допомогу, особливо в житловому секторі, та співпрацюючи з ЄС і ПРООН для залучення інвестицій та технологій [3]. У рамках Національного плану з енергетики та клімату (НПЕК), затвердженого у 2024 році, передбачено розвиток децентралізованої енергетики для підвищення енергетичної незалежності та стійкості до атак. НПЕК є важливим елементом євроінтеграції України, відповідає європейським стандартам і має

сприяти залученню значних інвестицій у відновлення та модернізацію енергетичної інфраструктури країни [4].

В умовах військових дій важливо враховувати, що енергетична інфраструктура часто стає об'єктом атак, що спричиняє серйозні пошкодження в системах постачання електроенергії. За статистикою, під час бойових дій 2014–2015 рр. в Україні було зафіксовано понад 300 випадків пошкодження енергетичних об'єктів. За три роки повномасштабної війни було пошкоджено понад 63 тисячі об'єктів енергетичної інфраструктури, а тільки у 2024 році масовані удари та щоденні точкові обстріли об'єктів енергетичної інфраструктури призвели до втрати близько 10 ГВт генеруючої потужності [3].

Розвиток відновлювальних джерел енергії є одним із найбільш перспективних напрямків у забезпеченні енергетичної безпеки. Вітрові й сонячні електростанції можуть забезпечити автономне джерело енергії для регіонів, де централізоване постачання електроенергії неможливе через пошкодження інфраструктури. В Україні, за даними Мінекоенерго [2, с. 22], у 2020 році було встановлено понад 1 ГВт сонячних електростанцій, що дозволило зменшити залежність від традиційних джерел енергії. Встановлення таких систем дозволяє забезпечити електроживлення в умовах обмеженого доступу до централізованих мереж та знизити навантаження на основну енергосистему

Енергозберігаючі технології займають важливе місце в стратегії раціонального використання електроенергії під час військових дій. Застосування енергоефективних освітлювальних систем дозволяє зменшити споживання електроенергії на 35% у порівнянні зі звичайними лампами розжарювання [4]. Окрім того, інвестиції у заміну застарілих енергетичних систем на сучасні, високоефективні дозволяють значно зменшити втрати енергії.

Ефективне управління попитом на енергію є ще одним важливим елементом стратегії збереження електроенергії в умовах воєнного стану. Так звані «розумні мережі» (smart grids) дозволяють не лише автоматично розподіляти навантаження на енергетичні мережі, але й оптимізувати використання електроенергії в реальному часі. Застосування таких технологій дозволяє знизити пік споживання та уникнути перевантаження

мереж, що є важливим у разі пошкодження частини енергетичної інфраструктури. У 2021 році в Україні було розпочато впровадження проєктів з модернізації енергомереж, що включають використання «розумних» лічильників та систем управління попитом [5, с. 9].

Окрім технічних аспектів, важливим є забезпечення захисту енергетичної інфраструктури від військових атак. Встановлення резервних джерел енергії, таких як мобільні генератори, та укриття важливих об'єктів енергетичної інфраструктури є ключовими заходами для забезпечення безперебійного енергозабезпечення в умовах бойових дій. Наприклад, в Україні було створено спеціальні мобільні резерви енергетичних засобів для підтримки стратегічно важливих об'єктів, таких як лікарні, військові бази та урядові установи [3].

Екологічний аспект раціонального використання електроенергії також має велике значення. Пошкодження енергетичних об'єктів може призвести до забруднення навколишнього середовища, особливо водних ресурсів та повітря, що вкрай важливо враховувати при розробці планів відновлення енергетичної інфраструктури в умовах війни. Природні ресурси, як-от вода, земля, атмосфера, потребують захисту, тому важливо розробити стратегії, які дозволяють зберігати енергетичну безпеку без негативного впливу на навколишнє середовище [1].

Таким чином, раціональне використання електроенергії під час війни охоплює застосування енергозберігаючих технологій, розвиток відновлювальних джерел енергії, ефективне управління попитом та захист енергетичних об'єктів. Усі ці заходи дозволяють не тільки зберегти енергетичну безпеку країни, але й мінімізувати екологічні та економічні наслідки війни.

Список літератури

1. Іванов В. М. Екологічні проблеми енергетики України. Київ: Наукова думка, 2018. 126 с.
2. Гречанюк Н. П. Інноваційні технології для енергозбереження. Київ: Техніка, 2020.
3. Україна затвердила Національний план з енергетики та клімату вдень початку перемовин про вступ до ЄС. URL: <https://me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=2642aff1->

[2328-4bad-b03f-6f0f7dc292c8](#) (дата запиту: 25.05.2025)

4. Уряд схвалив Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 рік року. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-shvaliv-nacionalnij-plan-dij-z-energoefektivnosti-na-period-do-2030-roku> (дата запиту: 25.04.2025)
5. Сидоренко І. В. Енергетична безпека в умовах військового стану. Одеса: Остром, 2021.

УДК 502.131.1

**ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГРЕСІЙНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ
ПОТОЧНИМИ ВИТРАТАМИ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОТРЕБИ
ТА ІНВЕСТИЦІЙНОЮ АКТИВНІСТЮ У СФЕРІ
ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ В ПЕРІОД 2010–2023 РР.**

Підкова Ірина, Гарматій Наталія

Тернопільський національний технічний університет імені
Івана Пулюя

E-mail: iryna49962@gmail.com

У сучасних умовах глобального потепління та екологічної кризи питання ефективного фінансування природоохоронних заходів набуває особливого значення. Дослідження фінансових потоків у сфері охорони довкілля дозволяє оцінити не лише рівень екологічної свідомості держави, а й виявити зв'язок між поточними витратами на екологічні потреби та інвестиційною активністю

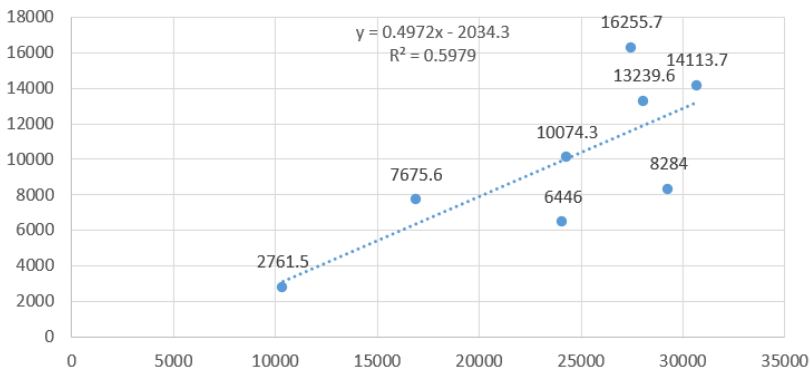
Мета дослідження визначити наявність та силу статистичної залежності між поточними витратами на екологічні потреби та обсягами інвестицій у сфері охорони довкілля в Україні за період 2010–2023 рр.

Охорона природи та раціональне природокористування

роки	Початкові дані	
	поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища, млн грн	капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища, млн грн.
	X1	Y2
2010	10366.5	2761.5
2015	16915.5	7675.6
2018	24318	10074.3
2019	27480.2	16255.7
2020	28092.6	13239.6
2021	30691.6	14113.7
2022	24126.9	6446
2023	29313.6	8284

Для цього було застосовано метод лінійної регресії, який дозволив визначити кількісний зв'язок між змінними. Графік побудованого рівняння регресії зображено на рис. 1.

Дослідження регресійної залежності між поточними витратами на екологічні потреби та інвестиційною активністю у сфері охорони довкілля в період 2010–2023 рр.



Отримане рівняння регресії: $y = 0.4972x - 2034.3$ свідчить про те, що кожен додатковий мільйон гривень, інвестований у сферу охорони довкілля, супроводжується зростанням поточних

витрат на екологічні потреби в середньому на 0.4972 млн грн. Така залежність свідчить не лише про наявність тісного статистичного зв'язку між показниками, а й про високу практичну значущість цього впливу, що є важливим для формування ефективної екологічної політики України у 2010–2023 роках.

Коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0.59$) свідчить про те, що понад 59% змін у капітальних інвестиціях на охорону навколишнього природного середовища пояснюються змінами у поточних витратах. Це вказує на наявність досить тісного зв'язку між поточними витратами та інвестиційною активністю у сфері охорони довкілля, що є важливим для планування та оцінки екологічної політики держави.

Щоб оцінити чутливість капітальних інвестицій до зміни поточних витрат, застосовується коефіцієнт еластичності (1), який показує відносну зміну результативного показника (у) при зміні фактора (х) на 1%.

$$k_e = \frac{x}{a_0 + a_1 x} (a_0 + a_1 x)' = \frac{a_1 x}{a_0 + a_1 x} \quad (1)$$

Значення коефіцієнта еластичності ($k_e = 0.76$) свідчить про досить високу чутливість системи: збільшення поточних витрат на охорону довкілля на 10% веде до зростання капітальних інвестицій на приблизно 7.6%. Такий взаємозв'язок підкреслює роль операційних витрат як чинника, що стимулює довгострокові інвестиції у природоохоронну інфраструктуру.

Проведене дослідження із застосуванням методу лінійної регресії підтвердило, що поточні витрати на охорону довкілля мають істотний вплив на рівень капітальних екологічних інвестицій. Це дозволяє розглядати поточне фінансування не як ізольований процес, а як частину цілісної екологічної стратегії, що формує основу для довгострокових інвестицій у сталий розвиток.

Отже, вивчення взаємозв'язку між операційними витратами та капітальними інвестиціями у сфері охорони довкілля є важливим для формування ефективної, науково обґрунтованої екологічної політики. В умовах посилення глобальних екологічних викликів саме комплексний фінансовий підхід дозволить Україні забезпечити сталий розвиток та досягти

стратегічних цілей у сфері охорони навколишнього середовища.

Список літератури

1. Державна служба статистики України. Статистичний щорічник України за 2023 рік. С. 84-85. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

УДК 504

**ДОСЛІДЖЕННЯ НА ОСНОВІ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ
ВПЛИВУ ПОТОЧНИХ ВИТРАТ НА ОХОРОНУ
НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА
ВИКИДИ ЗАБРУДНЕННЯ РЕЧОВИН І ПАРНИКОВИХ
ГАЗІВ (ЗА ПЕРІОД З 2015 ПО 2020 рр.)**

Рогатинська Юля, Гарматій Наталія

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

E-mail: iryna49962@gmail.com

У контексті зростаючого антропогенного навантаження на довкілля та актуальності глобальних кліматичних викликів, особливого значення набуває дослідження ефективності фінансування природоохоронної діяльності. Зокрема, важливим є аналіз того, яким чином поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища впливають на скорочення викидів забруднюючих речовин і парникових газів. У цьому дослідженні основну увагу приділено оцінці залежності між рівнем фінансування природоохоронних заходів та кількісними показниками викидів. Для цього застосовано методи регресійного аналізу, що дозволяють виявити наявність статистично значущих взаємозв'язків між обсягами поточних витрат та результативністю екологічної політики.

Метою роботи є встановлення сили та напряму впливу поточних витрат на зменшення забруднення атмосферного повітря, зокрема викидів парникових газів, шляхом побудови відповідних економетричних моделей. Аналіз здійснено на основі офіційних статистичних даних, що охоплюють динаміку витрат

Охорона природи та раціональне природокористування

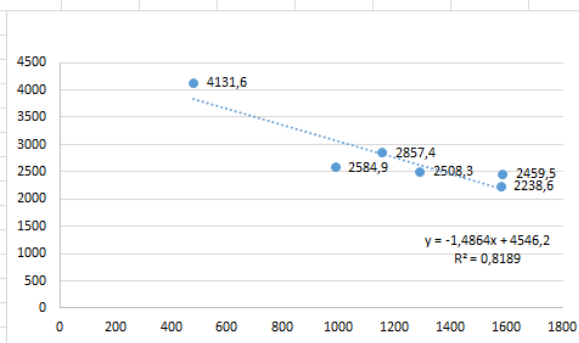
на охорону довкілля та зміни у структурі викидів протягом певного періоду. Результати дослідження сприяють кращому розумінню ефективності розподілу фінансових ресурсів у сфері охорони довкілля та можуть бути використані для оптимізації екологічної політики з урахуванням пріоритетів сталого розвитку. Вхідні дані подано в табл. 1.

Таблиця 1

Роки	x _i	y _i
2010	476,3	4131,6
2015	1152,7	2857,4
2017	983,8	2584,9
2018	1288,4	2508,3
2019	1583,9	2459,5
2020	1577	2238,6

Для цього було застосовано метод лінійної регресії, який дозволив визначити кількісний зв'язок між змінними. Графік побудованого рівняння регресії зображено на рис. 1.

Дослідження на основі регресійного аналізу впливу поточних витрат на охорону навколишнього природного середовища на викиди забруднюючих речовин і парникових газів стаціонарними джерелами забруднення (за період з 2010 по 2020)



Отримане рівняння лінійної регресії: $y = -1,4864 \times \text{Поточні витрати на охорону навколишнього середовища} + 4546,2$ відображає обернену залежність між поточними витратами та рівнем викидів забруднюючих речовин і парникових газів. Це

означає, що зі зростанням витрат на екологічні заходи на 1 мільйон гривень, середній обсяг викидів зменшується приблизно на 1,49 тис. тонн. Такий результат свідчить про практичну ефективність інвестування в природоохоронну діяльність.

Коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,81$) вказує на те, що 81% варіації рівня викидів пояснюється змінами у витратах на охорону навколишнього природного середовища. Це свідчить про високу силу зв'язку між цими показниками, що підтверджує значний вплив фінансових вкладень на екологічні результати.

Для кількісної оцінки чутливості залежної змінної (обсягу викидів) до змін незалежної змінної (витрат) використовується коефіцієнт еластичності, який розраховується за наступною формулою (1):

$$k_{\varepsilon} = \frac{x}{a_0 + a_1 x} (a_0 + a_1 \bar{x})' = \frac{a_1 x}{a_0 + a_1 x} \quad (1)$$

Розрахований коефіцієнт еластичності ($k_{\varepsilon} = 1,2$) свідчить про високу чутливість системи: підвищення поточних витрат на охорону навколишнього середовища на 10% супроводжується зменшенням викидів забруднюючих речовин і парникових газів у середньому на 12%. Це підтверджує, що екологічні інвестиції мають сильний вплив на результативність природоохоронної політики.

Застосування лінійної регресії у межах даного дослідження дало змогу емпірично підтвердити наявність тісного взаємозв'язку між рівнем поточних витрат на охорону довкілля та ефективністю практичних заходів зі зниження викидів. Отримані результати демонструють, що фінансування екологічних ініціатив не є лише бюджетним навантаженням, а слугує вагомим стратегічним інструментом для досягнення довгострокових екологічних цілей.

Отже, виявлена залежність між поточними витратами та зменшенням викидів має не лише наукову, а й прикладну цінність для екологічного управління. В умовах глобальних кліматичних викликів та міжнародних зобов'язань України, така аналітика дозволяє сформулювати ефективну державну політику, де кожна інвестована гривня в охорону довкілля сприяє реальному зниженню антропогенного впливу, підвищенню екологічної безпеки та досягненню цілей сталого розвитку.

Список літератури

1. Державна служба статистики України. Екологічні витрати та викиди в атмосферу.
2. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (У розділі «Охорона навколишнього природного середовища» наводяться щорічні статистичні дані про витрати на охорону довкілля та обсяги викидів.)
3. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Звіт про виконання екологічної політики та заходів з охорони атмосферного повітря.
4. URL: <https://mepr.gov.ua> (Офіційні звіти, програми та політичні документи у сфері зменшення забруднення та кліматичних ініціатив.)

УДК 311.504:330.15(477)

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОТОЧНИХ ВИТРАТ НА
НАУКОВО-ДОСЛІДНІ РОБОТИ ПРИРОДООХОРОННОГО
СПРЯМУВАННЯ НА ПОТОЧНІ ВИТРАТИ НА ОХОРОНУ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

Самець К. І., Гарматій Н. М.

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

E-mail: katasamec8@gmail.com

У сучасних умовах змін клімату та зростанні промислового забруднення питання ефективного екологічного управління стає все більш актуальним. Одним із важливих аспектів екологічної політики є раціональний розподіл державних ресурсів між дослідницькою діяльністю природоохоронного спрямування та практичними заходами з охорони довкілля. Дане дослідження спрямоване на аналіз взаємозв'язку між поточними витратами на науково-дослідні роботи (НДР) природоохоронного характеру та витратами на охорону атмосферного повітря, включаючи заходи з попередження змін клімату.

Метою дослідження визначено встановити ступінь впливу фінансування НДР природоохоронного спрямування на подальші витрати, які будуть спрямовані на охорону атмосферного повітря та запобіганням змінам клімату. Вхідні дані подано в табл. 1.

Вхідні дані для моделювання.

Роки	Поточні витрати на науково-дослідні роботи природоохоронного спрямування, млн. грн. x_i	Поточні витрати на охорону атмосферного повітря, попередження змін клімату, млн. грн. y_i
2015	46.7	1519.80
2018	118.5	2897.7
2019	117	2963.9
2020	118.1	2375.8
2021	116.2	3170.1
2022	91.2	2357.4
2023	100	2138.4

Для цього було застосовано метод лінійної регресії, який дозволив визначити кількісний зв'язок між змінними. Графік побудованого рівняння регресії зображено на рис. 1.

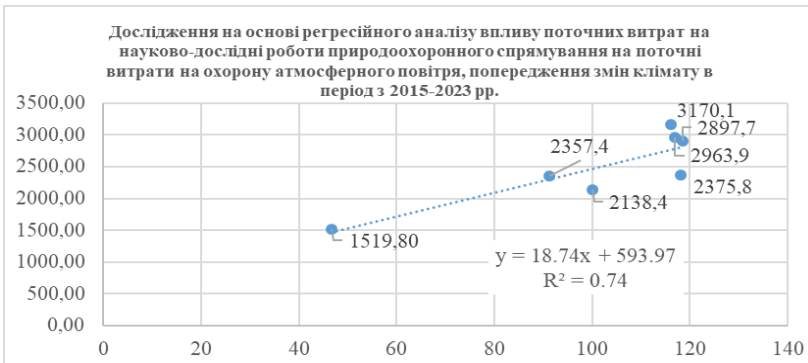


Рис. 1 Дослідження на основі регресійного аналізу впливу поточних витрат на науково-дослідні роботи природоохоронного спрямування на поточні витрати на охорону атмосферного повітря, попередження змін клімату.

Отримане рівняння: $y = 593.97 + 18.74x$, свідчить про те, що кожен додатковий мільйон гривень, інвестований у наукові дослідження, супроводжується зростанням витрат на охорону атмосферного повітря на 18.74 млн грн. Це пояснює не лише сильний зв'язок, але й високу практичну значущість НДР у сфері охорони довкілля.

Коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0.74$) показує, що понад 74% змін у витратах на охорону повітря можна трактувати змінами у фінансуванні НДР. Показник демонструє ефективність наукових інвестицій та дозволяє обґрунтувати їхнє посилення в екологічній політиці держави.

Для того щоб визначити міру впливу зміни фактора x на зміну показника y використовують коефіцієнт еластичності і розраховується він за формулою (1).

$$k_e = \frac{x}{a_0 + a_1 x} (a_0 + a_1 \bar{x})' = \frac{a_1 x}{a_0 + a_1 x} \quad (1)$$

Коефіцієнт еластичності ($k_e = 0.76$) в свою чергу свідчить про високу чутливість системи: зростання фінансування досліджень на 10% тягне за собою збільшення обсягів фінансування практичних заходів на 7.6%.

Проведене дослідження з використанням методу лінійної регресії дозволило підтвердити значний вплив фінансування науково-дослідних робіт природоохоронного спрямування на зростання витрат, спрямованих на практичну охорону атмосферного повітря. Отримані результати показують, що наукова діяльність є не лише витратною статтею бюджету, а виступає як стратегічна інвестиція, яка закладає основу для формування ефективної державної екологічної політики.

Отже, вивчення взаємозв'язку між фінансуванням наукових досліджень та результатами у сфері охорони довкілля є не лише корисним з наукової точки зору, а й необхідним інструментом для формування ефективної, довготривалої стратегії екологічного управління в Україні. Враховуючи глобальні екологічні тренди та зобов'язання перед міжнародною спільнотою, саме такий підхід дозволить Україні перейти такого управління, де кожна вкладена гривня в науку стане основою для зниження ризиків, підвищення ефективності природоохоронних заходів і досягнення цілей сталого розвитку.

Список літератури

1. Державна служба статистики України. Статистичний щорічник України за 2023 рік. С. 84. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (Дата звернення: 09.04.2025)
2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua>

РОЗДІЛ 10

ІСТОРІЯ НАУКИ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

УДК 332.1:502.131.

ОСВІТА ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ

Боголюбов В. М.

Національного університету біоресурсів і природокористування
України

E-mail: bogoliubov@nubip.edu.ua

Глобальна програма дій (ГПД) з освіти для сталого розвитку включає рекомендації щодо включення головних принципів сталого розвитку в національні та галузеві стандарти освіти і в освітні програми [1]. ГПД рекомендує закладам вищої освіти також включати головні принципи освіти для сталого розвитку (ОСР) в програми підвищення кваліфікації професорсько-викладацького складу. У контексті ГПД Закон України «Про вищу освіту» формує інтеграцію систему вищої освіти України у Європейській простір вищої освіти, зокрема, шляхом формування певного набору компетентностей для забезпечення переходу суспільства до сталого розвитку. Це означає, що в освітні програми всіх спеціальностей необхідно включати проблематику подолання бідності (цілі 1 і 2), проблеми доступу до чистої води і санітарії (ціль 6), створення соціально-економічного потенціалу протидії техногенним і природним катастрофам (ціль 9), змін клімату (ціль 13), втрати біорізноманіття (ціль 15), а також питання впровадження в суспільстві принципів сталого споживання і виробництва (ціль 12) тощо [2].

Метою даної роботи є оцінювання можливостей і розробка шляхів формування компетентностей в галузі сталого розвитку при викладанні природничих та соціально-гуманітарних дисциплін починаючи з середньої школи. Аналіз діючого на сьогодні Державного стандарту базової і повної середньої освіти [3] показує, що зміст освітньої галузі "Природознавство" включає

біологічну, фізичну, географічну та інші компоненти, необхідні учням для набуття знань щодо популяційного, екосистемного і біосферного рівнів організації біосфери, а також передбачає набуття здатності "оцінювати наслідки впливу людини на природні екосистеми...". Більше того, освітня галузь "Технологія" передбачає поглиблення знань не тільки про "закономірності і перспективи розвитку технологічних основ ... виробничої та побутової технологічної діяльності" але й враховувати як "екологічні наслідки технологічної діяльності", так і "вплив технологічної діяльності на соціокультурні процеси в суспільстві".

Проект оновлення навчальних програм містить, зокрема, наскрізну змістовну лінію "Екологічна безпека і сталий розвиток" (починаючи з 5-го класу) [4], яка передбачає "розуміння екологічних проблем своєї місцевості, проведення спостережень за природоохоронною діяльністю в своїй місцевості і власну творчу діяльність". Окрім того, проект передбачає і такі наскрізні змістові лінії як «Громадянська відповідальність» та «Здоров'я і безпека», реалізація яких передбачає свідоме дотримання "безпечної і відповідальної поведінки під час виконання учнями *екологічного проекту*".

Таким чином, положення Державного стандарту, проекти оновлення навчальних програм, а також затверджений МОНУ у 2017 році інтегрований курс "Природничі науки", створюють механізми для впровадження принципів освіти для сталого розвитку вже зараз, не чекаючи затвердження оновлених Державних стандартів вищої освіти для педагогічних спеціальностей.

Враховуючи таку "насиченість" шкільних програм екологічною тематикою можна рекомендувати керівництву педагогічних закладів вищої освіти (ЗВО) звернути увагу на необхідність включення в освітні програми підготовки вчителів-предметників обов'язкових загальних компетентностей, які забезпечать можливість включати в зміст навчальних дисциплін екологічні аспекти з елементами освіти для сталого розвитку відповідно до положень згаданих документів.

Формування загальних компетентностей в галузі сталого розвитку можна починати з інформування учнів щодо причин виникнення глобальних екологічних проблем людства (наприклад, в темі "Природничі науки та світогляд сучасної

людини". проблематику зміни клімату (ціль 13) можна і доцільно включати в такі дисципліни, як *фізика* (теми "Поширення, поглинання та розсіювання світла" і "Фотохімічна дія світла") [5]. Логічно буде попередньо нагадати класичне визначення виразу «сталій розвиток» і надати коротку інформацію про ризики для людства без зміни стратегії його розвитку. В дисципліні *географія* (тема "Взаємодія суспільства і природи" (10 клас)) логічно згадати Ціль 9 – "створення соціально-економічного потенціалу протидії техногенним і природним катастрофам" і Ціль 12 – "впровадження в суспільстві принципів сталого споживання і виробництва". У навчальній програмі з дисципліни "Біологія" для поглибленого вивчення розширено навчальний матеріал теми «Біорізноманіття». В цей змістовий блок доцільно включити матеріали, присвячені не тільки різноманітності біоти України і підходам до її збереження, але й згадати про Конвенцію ООН про збереження біорізноманіття та Ціль 15 «Захист та відновлення екосистем суші». Подібний підхід можна застосовувати практично у всіх дисциплінах природничого і соціально-гуманітарного спрямування як в загальноосвітній, так і у вищій школі.

Що стосується вищої школи, то структура нових стандартів вищої освіти і відповідний *перелік компетентностей* випускника для більшості спеціальностей вже затверджені згідно проектом ТЮНІНГ. Головне завдання навчально-методичних комісій закладів вищої освіти та ново-затверджених експертів з акредитації освітніх програм полягає, на наш погляд, у розробці засобів діагностики щодо контролю результатів навчання, особливо стосовно загальних компетентностей, які включають елементи екологічної освіти і аспекти сталого розвитку.

Список літератури

1. UNESCO roadmap for implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230514>.
2. Завдання та індикатори досягнення Цілей сталого розвитку в Україні на період до 2030 року: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina>
3. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF#Text>

4. Оновлення програм 5-9 класів. Колегія МОН (проект). 26.05.2017. <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas>
5. Навчальні програми для 10-11-х класів загальноосвітніх навчальних закладів. <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>.

УДК 004.7:[37+001](062.552)

**ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ГЕЙМІФІКАЦІЙ НА
ЯКІСТЬ НАВЧАННЯ АГРОНОМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В
АГРАРНИХ ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

¹Вантюх О. М., ²Попович Г. Б., ³Голямінських Д. В.

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський
національний університет»

E-mail: ¹olesiakovaliuk@uzhnu.edu.ua;

²halina.popovich@uzhnu.edu.ua;

³holiaminskykh.daria@student.uzhnu.edu.ua

Сучасні технології трансформують усі сфери життя, і освіта не є винятком. В аграрних закладах вищої освіти, де знання агрономії та природничих наук є основою для підготовки майбутніх фахівців, застосування таких технологій, як штучний інтелект (ШІ) і гейміфікація, має величезний потенціал для підвищення якості навчання [1].

Штучний інтелект може значно змінити підхід до навчання агрономічним дисциплінам, забезпечуючи більш персоналізовані та адаптивні методи навчання. Системи, засновані на ШІ, здатні аналізувати прогрес студентів, виявляти їхні сильні та слабкі сторони і пропонувати індивідуальні рекомендації або додаткові матеріали [3].

Переваги застосування ШІ в агрономії:

1. Завдяки ШІ можна створювати адаптивні курси, які змінюють рівень складності матеріалу залежно від знань студента. Це дозволяє кожному отримати оптимальний темп навчання.
2. Студенти можуть використовувати віртуальні середовища для проведення агрономічних експериментів, таких як

моніторинг здоров'я рослин, симуляція змін клімату чи оптимізація використання добрив. Це дозволяє вивчати складні процеси в реальних умовах, не виходячи з аудиторії.

3. ШІ може автоматично оцінювати виконання практичних завдань, таких як аналіз зразків ґрунту або визначення потреб рослин у воді, що економить час викладачів і дає миттєвий зворотний зв'язок студентам.

Щодо гейміфікації, то використання ігрових елементів в навчальному процесі, сприяє підвищенню мотивації студентів, роблячи процес навчання більш цікавим і захоплюючим. В агрономічних дисциплінах гейміфікація може втілюватися у вигляді симуляцій, віртуальних полів, де студенти управляють фермами, або створенням завдань, що вимагають прийняття рішень щодо оптимізації агрономічних процесів [2].

Переваги гейміфікації в навчанні агрономії:

1. Підвищення інтересу та залучення студентів адже такі елементи, як бали, рівні та змагання, роблять навчання більш захопливим. Студенти мотивовані виконувати завдання та отримувати нагороди, що стимулює їх до поглибленого вивчення предмету.
2. Через симуляції та ігри студенти можуть управляти агрономічними процесами, такими як планування сівозміни, обробка ґрунтів, використання добрив та боротьба з шкідниками. Це дозволяє отримувати реальний досвід у безпечному середовищі.
3. Багато ігрових завдань передбачають роботу в командах, що допомагає студентам розвивати навички співпраці та взаємодії, важливі для майбутньої професійної діяльності.

Попри всі переваги, впровадження ШІ та гейміфікації в агрономічних дисциплінах вимагає значних інвестицій у технічну інфраструктуру, підготовку викладачів та адаптацію навчальних програм. Однак успішні приклади з використання цих технологій в інших сферах освіти та досвід передових аграрних навчальних закладів показують, що довгострокова вигода від інтеграції цих інновацій значно перевищує початкові витрати [4].

Висновок. Впровадження штучного інтелекту та гейміфікації в агрономічну освіту є важливим кроком до

підвищення ефективності навчання в аграрних закладах вищої освіти. Ці технології сприяють індивідуалізації навчання, розвитку практичних навичок, підвищенню мотивації студентів та створенню інноваційного освітнього середовища, яке відповідає вимогам часу та потребам сучасної аграрної науки.

Список літератури

1. Андріяш В.І. Технології штучного інтелекту у сфері освіти. Академічна доброчесність, відкрита наука та штучний інтелект: як створити доброчесне освітнє середовище». Збірник есе учасників програми підвищення кваліфікації, 18 вересня – 18 жовтня 2023 року. Львів. Торунь: Liha-Pres, 2023. – С. 26.
2. Майбутнє освіти - гейміфікація та штучний інтелект. Освітній портал «Освіта ПЛЮС».
3. Коробко О.О. Технології доброчесного використання штучного інтелекту у сфері освіти та науки. Матеріали всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації, 31 липня-10 вересня 2023 року, Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. С.131-134.
4. Топузов О., Алексеева С. «Використання штучного інтелекту в освітньому процесі закладів середньої освіти в умовах воєнного стану». Цифрова бібліотека НААН України.

УДК 377.5:5

**ПРИРОДНИЧА ОСВІТА У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ
ПЕДАГОГІЧНОМУ КОЛЕДЖІ ІМ. ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Галаган О. К., Свіржевська К. В.

Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія
ім. Тараса Шевченка

E-mail: bukowska.ok@gmail.com

У 1991 році, коли Україна отримала незалежність, Кременецьке педагогічне училище було реорганізоване у Кременецький педагогічний коледж ім. Тараса Шевченка. Упродовж періоду свого функціонування коледж продемонстрував позитивну динаміку розвитку: кількість

здобувачів освіти зросла з 1200 до 1600 осіб, а чисельність педагогічного персоналу — зі 102 до 182 осіб. При цьому відбулося дворазове збільшення кількості викладачів, які мають наукові ступені. Важливим етапом у становленні навчального закладу стало розширення спектра освітніх програм: поряд із підготовкою вихователів дошкільних закладів та вчителів трудового навчання було започатковано підготовку фахівців з музичного та образотворчого мистецтва, англійської та німецької мов, біології, а також фізичного виховання [2].

Набір на природничу освіту розпочнеться лише з 1996 року. Згідно наказу № 144 від 23 травня 1996 року «Про екзаменаційні комісії» була створена комісія для проведення вступних екзаменів з біології у такому складі: Міщук Наталія Йосипівна – к. пед. н., доцент кафедри викладання природничих дисциплін Тернопільського педагогічного інституту, голова комісії; Похила Любов Степанівна – к. пед. н., доцент Тернопільського педагогічного інституту; Страшнюк Надія Михайлівна – к. біол. н., ст. викладач кафедри загальної біології Тернопільського педагогічного інституту; Зелінка Василь Степанович – старший викладач кафедри ботаніки Тернопільського педагогічного інституту та Ляшевич Ольга Миколаївна – викладач Кременецького педагогічного коледжу.

Згідно наказу № 218 від 6 серпня 1996 року «Про зарахування вступників на денне відділення коледжу» в 1996 році зарахувати студентами першого курсу спеціальності «Біологія» 50 студентів: 6 – які склали перший екзамен на «відмінно» і мають свідоцтво з відзнакою, 15 – за цільовим призначенням і 29 – за конкурсом [1].

Згідно наказу № 239 від 3 вересня 1996 року «Про призначення деканів факультетів» відкрити новий факультет «Біологія та фізичне виховання» і деканом призначити Подобівського Степана Степановича на один рік, звільнивши його від обов'язків проректора з наукової роботи.

Згідно наказу № 241 від 3 вересня 1996 року «Про призначення завідуючих кафедрами на 1996-1997 н.р.» призначити Онішкевич С. М. завідувачем кафедри природничих дисциплін [1].

У 2000 році була проведена акредитаційна експертиза за II

рівнем напряму 0101 «Педагогічна освіта» спеціальності 6.010100 «Педагогіка та методика середньої освіти. Біологія».

Станом на цей період на цикловій комісії природничих дисциплін працювали 16 викладачів на основній роботі та 6 сумісників [1].

Працівники циклової комісії природничих дисциплін: Онишкевич С. М (анатомія, валеологія), Бондар Л. С. (ботаніка), Рудзінський В. А. (загальна хімія), Рудзінська Н. Й. (лікарські рослини), Зінковська Н. Г. (біохімія, загальна хімія, генетика, органічна хімія), Панчук Т. О. (гістологія, цитологія з основами генетики і селекції), Ляшевич О. М. (основи педіатрії), Бияк В. Я. (зоологія хребетних, геологія, польова практика із зоології), Сімчук С. Р. (загальна фізіологія, фізіологія людини), Цицюра Н. І. (загальна екологія, соціальна екологія, дендрологія і квітникарство), Іванюк А. С. (основи сільського господарства, позакласна робота з біології), Бондаренко Т. Є. (шкільний курс методики викладання біології), Головатюк Л. М. (шкільна гігієна, анатомія, фізіологія та шкільна гігієна), Тарасюк О. В. (загальна біологія), Колісник О. А. (біогеографія), Галінська О. М. (фізіологія рослин з основами мікробіології). Сумісники: Подобівський С. С. (зоологія безхребетних), Мшанецька Н. В. (польова практика з ботаніки), Верстюк С. Д., Мазур П. Є., Бережанська В. К. і Кашуба М. О.

Станом на жовтень 2000 року кількість студентів складала 1640 чоловік. На спеціальності «Біологія» навчалося 247 студентів: на I курсі – 33, на II – 59, на III – 57, на IV – 51 і на V – 47. [3].

Викладачами циклової комісії щорічно організовувалися і проводилися науково-практичні конференції, на які запрошувалися провідні фахівці вищих навчальних закладів України III-IV рівня акредитації, із такої тематики: “Актуальні аспекти підготовки спеціалістів з природничих дисциплін” (1998 р.); “Теорія і практика виховання” (1999 р.); “Актуальні проблеми підготовки фахівців еколого-спортивного напряму” (2000 р.).

Викладачі циклової комісії природничих дисциплін брали участь у всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема: “Інноваційні підходи професійній підготовці молоді” (травень 1998 р.), Всеукраїнська науково-практична конференція

“Педагогічна наука в сучасній школі” (травень 1999 р.), Всеукраїнська науково-практична конференція “Актуальні проблеми підготовки фахівців еколого-спортивного напрямку” (травень 2000 р.), “Інтродукція і акліматизація рослин на Волино-Поділлі” (Тернопіль-Кременець, червень 2000 р.).

Циклова комісія разом з кафедрами природничих дисциплін Тернопільського державного педагогічного університету брала участь у розробці та забезпеченні райметодкабінетів, методкабінетів шкіл області матеріалами для комплексів навчально-методичного забезпечення предметів. Заввідділом біології, Онишкевич С. М., була головою обласного методоб'єднання заступників директорів з питань гуманітарної освіти та виховання.

У цикловій комісії працювали викладачі, професійний рівень яких давав можливість організовувати і проводити навчальний процес на рівні, що відповідав усім вимогам.

У навчальному процесі підготовку майбутніх вчителів біології забезпечувало 2 доценти, кандидати біологічних наук Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка: Подобівський С. С. і Мшанецька Н. В., 1 кандидат медичних наук Тернопільської медичної академії – Кашуба М. О., 1 кандидат медичних наук Кременецького медичного коледжу – Мазур П. Є., 1 кандидат сільськогосподарських наук – Верстюк С. Д., 3 аспіранти, 4 здобувачі наукового ступеня кандидата наук. Серед викладачів були 3 відмінники народної освіти, 1 викладач-методист, 6 спеціалістів вищої категорії і 4 старших викладачі.

Фаховий рівень викладачів був високим. Стажування вони проходили у провідних вузах країни. Стимулювання викладачів і студентів до наукової діяльності дозволило підвищити статус навчального закладу у майбутньому.

Список літератури

1. Загальні накази за період з 06 січня по 31 грудня 1996 року (№1–№244) Кременецького обласного комунального педагогічного коледжу ім. Т.Г. Шевченка. Кременець, 1996. [Рукопис. Архів коледжу].
2. Ломакович А. Кременецький обласний гуманітарно-педагогічний інститут ім. Т. Шевченка // Тернопільський

енциклопедичний словник : у 4 т. / редкол.: Г. Яворський та ін. Тернопіль : ВПК «Збруч», 2005. Т. 2. С. 228.

3. Матеріали акредитаційної експертизи Кременецького обласного комунального педагогічного коледжу ім. Т.Г. Шевченка щодо акредитації за II рівнем напряму 0101 «Педагогічна освіта» спеціальності 6.010100 «Педагогіка та методика середньої освіти. Біологія». Кременець, 2000. 250 с.

УДК 372.853(07):51

ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ ТА ХІМІЇ В СТАРШІЙ ШКОЛІ

Гончарик Г. Я., Гладюк М. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: nnklad@tnpu.edu.ua

На сучасному етапі реформування середньої освіти в Україні актуальною лишається проблема якості природничо-математичної підготовки учнів, зокрема профільних класів. Вдосконалення потребує як зміст освіти, так і підбір адекватних змісту та віку школярів технологій, методів, форм та засобів навчання.

Відмітною рисою сучасних підходів до природничо-математичної освіти стає забезпечення єдності мотиваційно-когнітивних та поведінкових компонентів в структурі особистості учня, які об'єднують в загальне поняття «компетентність». Зважаючи на відсутність чіткого визначення та різноплановість тлумачень поняття «компетентність» [3], ми не будемо вдаватись до його глибокого дидактичного аналізу. У своєму дослідженні під компетентністю учня ми розуміли такий спосіб організації його підготовки, який дає змогу ефективно навчатись: знання учня характеризуються різноманітністю, чіткістю, визначеністю та взаємозв'язком, швидкою актуалізацією, широким застосуванням, усвідомленістю. Компетенції як загальна здатність ґрунтуються на знаннях та досвіді, здібностях, набутих завдяки навчанню і формуються передовсім на основі опанування

змісту освіти.

В класах фізико-математичного профілю необхідна інтеграція шкільного курсу хімії з фізикою та математикою. При побудові курсу хімії для учнів класів фізико-математичного профілю слід враховувати єдність об'єктів, що вивчаються, залежність фізичних і хімічних і властивостей речовин від їх складу та будови, єдність та взаємозв'язок фізичних та хімічних законів та теорій. Особливу увагу слід приділити математичному апарату хімії і фізики як точних наук.

Всі ці завдання можна успішно вирішити лише за умови поєднання природничо-наукової та фізико-математичної спрямованості пізнавальних процесів.

Дієвими методами формування математичних компетентностей під час вивчення фізики і хімії в старшій школі є використання математичних методів при обґрунтуванні хімічних законів та теорій; застосування методу математичних доказів; використання хімічних теорем та їх доведення; ілюстрація хімічних законів графіками; вивчення геометрії молекул та її вплив на властивості речовин; розв'язування хімічних задач з опорою на знання фізики, серед яких можна зазначити задачі, розв'язок яких пов'язаний з математичними рівняннями та нерівностями, системами рівнянь, графіками тощо.

Наведемо приклад подібного завдання.

Задача. Повітряна кулька, наповнена поширеним в природі газом, має підйому силу в 2.08 рази меншу, ніж кулька, наповнена воднем. Визначити, що це за газ.

Розв'язок: визначаємо підйомні сили кульок, наповнених воднем та невідомим газом. Згідно із законом Архімеда, підйомна сила дорівнює різниці ваги повітря в об'ємі кульки і ваги газу, що її заповнює:

$$F(\text{H}_2) = P(\text{пов.}) - P(\text{H}_2) = g m(\text{пов.}) - g m(\text{H}_2) = g(m(\text{пов.}) - m(\text{H}_2));$$

$$F(\text{газу}) = g(m(\text{пов.}) - m(\text{газу})).$$

Знаходимо співвідношення підйомних сил кульки, наповненої воднем, і кульки, наповненої невідомим газом:

$$\frac{F(\text{H}_2)}{F(\text{газу})} = \frac{g(m(\text{пов.}) - g(m(\text{H}_2)))}{g(m(\text{пов.}) - g(m(\text{газу})))} = \frac{m(\text{пов.}) - m(\text{H}_2)}{(m(\text{пов.}) - m(\text{газу}))}.$$

$$\text{Згідно із законом Архімеда } n(\text{H}_2) = n(\text{газу}) = n(\text{пов.}) = n,$$

отже

$$\frac{F(\text{H}_2)}{F(\text{газу})} = \frac{n(M(\text{пов.}) - n(M(\text{H}_2)))}{n(M(\text{пов.}) - n(M(\text{газу})))} = \frac{(M(\text{пов.}) - (M(\text{H}_2)))}{(M(\text{пов.}) - (M(\text{газу})))}$$
$$2,08 = \frac{29 - 2}{29 - M(\text{газу})}. \text{ Звідки } M(\text{газу}) = 16 \text{ г/моль.}$$

Це поширений в природі газу – метан CH_4 .

Наведений приклад розкриває реалізацію математичної компоненти в шкільному курсі фізики та хімії, демонструючи важливість та єдність математичного апарату в природничих дисциплінах.

Слід відзначити, що епізодична робота в даному напрямку не дасть очікуваного ефекту. Важливо систематично використовувати міжпредметний матеріал, враховувати час вивчення взаємопов'язаних понять в курсах хімії, фізики та математики, реалізуючи попередні, супутні та перспективні міжпредметні зв'язки.

Список літератури

4. Навчальні програми з хімії та фізики для 8-9 та 10-11 класів (Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти, 2017 рік). Електронний ресурс: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/navchalni-programi-dlya-6-11-klasiv>.
5. Методика викладання шкільного курсу хімії: Посіб. для вчит./ за ред. Н.М. Буринської. К.: Освіта, 1991. 350с.
6. Овчарук О. Ключові компетенції: Європейське бачення /О. Овчарук// Управління освітою. 2003. С.6-9.

УДК 378.147:376-056.45:372.857

ДІЯЛЬНІСТЬ ВИКЛАДАЧІВ ХІМІКО-БІОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ ТНПУ З ПІДГОТОВКИ ОБДАРОВАНИХ ЗДОБУВАЧІВ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ДО БІОЛОГІЧНИХ ОЛІМПІАД

Жирська Г. Я., Турчин О. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної
педагогічної освіти

Однією з основних функцій сучасної школи є розвиток творчої особистості, формування в учнів уміння самоосвіти, розвиток творчого потенціалу здобувачів освіти. Педагогам важливо в ході освітнього процесу своєчасно виявляти обдарованих дітей, сфери їхніх наукових і творчих інтересів і створити умови не тільки для формування у дітей обов'язкових ключових і предметних компетентностей, але й для розвитку їхніх творчих здібностей. Саме такий підхід до навчання забезпечує розвиток і саморозвиток особистості учня; надає кожному здобувачеві, зважаючи на його здібності, потреби, інтереси, ціннісні орієнтації тощо, можливість реалізувати себе в пізнавальній діяльності, створює умови для вибору учнями власної траєкторії загальної та майбутньої професійної освіти [2].

Організуючи роботу з обдарованими учнями, заклади загальної середньої освіти повинні намагатись задовольнити їхні запити у поглибленому вивченні предметів; створити умови для забезпечення розвитку їхніх різнобічних пізнавальних інтересів і водночас для розвитку здібностей, виявлених у певній галузі науки. Також необхідно забезпечити можливості для широкого вияву творчості школярів у навчальній і позакласній роботі з певних предметів; залучити їх до надання допомоги своїм однокласникам у навчанні; запобігати розвитку в них переоцінки своїх можливостей [1].

Вчителі біології нашої області мають певний досвід у роботі з обдарованими школярами, які виявляють інтерес до поглибленого вивчення живої природи. Для цього використовують різноманітні форми роботи з цією категорією учнів – групові та індивідуальні заняття на уроках і в позаурочний час, факультативи, гуртки. У методах навчання обдарованих учнів переважають самостійна робота, частково-пошуковий і дослідницький підходи до засвоєних знань, умінь та навичок. Зміст навчальної інформації, що розглядається на уроках, доповнюється науковими відомостями, які обдаровані школярі отримують у процесі виконання додаткових завдань. Особливу увагу слід звернути на розв'язування розвивальних завдань, оптимальних за змістом, реальних щодо навантаження для здобувачів, які формують у них раціональні вміння розумової

праці. Серед методів навчання, які доцільно застосовувати для обдарованих учнів, – аналіз проблемної ситуації, випадку з життя, виконання інформаційно-пошукових і дослідницьких проєктів, використання сучасних інноваційних цифрових технологій та тренування у застосування знань, умінь і навичок з допомогою інтерактивних методів та ігрових вправ.

Дуже важливою формою роботи з обдарованими учнями є підготовка їх до предметних олімпіад. Очевидно, що вона передбачає, перш за все, опрацювання олімпіадних завдань III та IV етапів Всеукраїнських учнівських олімпіад, розв’язання нестандартних теоретичних і практичних завдань. Така робота потребує систематичності й використання спеціальних методів і прийомів. Ефективність навчання біології значно підвищує застосування проблемних завдань, які сприяють розвитку пізнавального інтересу учнів через радість творчості й позитивні емоції, які вони відчують під час їх вирішення. Під час розв’язання завдань учні вчаться застосовувати свої знання в нових, несподіваних ситуаціях, знаходити власні нестандартні відповіді на питання, виявляти протиріччя, висувати гіпотези й доводити їхню справедливість. Під час використання інтерактивних методів навчання учитель також перестає бути головним джерелом інформації, але зростає його роль в організації самостійної пізнавальної діяльності школярів. Під час застосування інтерактивних методів навчання, учні навчаються, навчаючи інших, що дозволяє залучати отримані знання для вирішення різних практичних, дослідницьких і проєктних завдань.

Викладачі хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка постійно співпрацюють з учителями закладів загальної середньої освіти Тернопільської області щодо підготовки та участі обдарованих здобувачів середньої освіти до біологічних олімпіад. Так, кандидати педагогічних наук, доценти кафедри загальної біології Барна Л. С., Жирська Г. Я., Мішук Н. Й. впродовж багатьох років не лише є членами журі, але і як голови журі брали участь у розробці завдань III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з біології, консультували вчителів-наставників обдарованих дітей щодо типів завдань та способів їх

виконання.

Особливо важливою є участь професорсько-викладацького складу хіміко-біологічного факультету ТНПУ у підготовці здобувачів до практичного туру IV етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з біології. Адже саме на базі навчальних та науково-дослідних лабораторій факультету впродовж багатьох років проводяться тренувальні збори учасників цього етапу олімпіади. З обдарованими школярами плідно працюють професійно грамотні науковці, інтелектуальні педагоги, захоплені своєю справою професори і доценти усіх кафедр хіміко-біологічного факультету. Своїми результатами значною мірою юні олімпійці з усієї області завдячують доктору сільськогосподарських наук, професору Пиді Світлані Василівні, кандидатам біологічних наук, доцентам Герц Наталії Володимирівні, Голіней Галині Михайлівні, Волошин Олені Сергіївні, Хоменчуку Володимирі Олександровичу. Саме вони забезпечили впевненість юних олімпійців у роботах, пов'язаних з препаруванням рослинних і тваринних об'єктів, розгляд їх з допомогою мікроскопа, визначення і розпізнавання рослин, тварин та мікроорганізмів, проведення біохімічних досліджень тощо.

Впродовж двох років (після невеликої перерви очного формату) IV етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з біології гостинно приймав Львів. У 2024 році в олімпіаді від Тернопільської області взяло участь четверо учасників, з яких двоє вибороли призові місця: Диплом I ступеня – Оришнюк Анастасія Іванівна, учениця 11 класу Підволочиського ліцею Підволочиської селищної ради (вчитель Гладин Оксана Дмитрівна); Диплом II ступеня – Лохвінська Богдана Олександрівна, учениця 7 класу (виступала за 8 клас) Шумського ліцею Шумської міської ради (вчитель Калущ Людмила Юріївна, Заслужений вчитель України). У 2025 році на IV етапі Всеукраїнської учнівської олімпіади з біології Тернопільську область представило п'ятеро учасників, з яких четверо отримали дипломи переможців. Зокрема: Диплом I ступеня – нинішня учениця 8 класу Лохвінська Богдана Олександрівна; Дипломи II ступеня – Іскра Юлія Вікторівна, учениця 10 класу Волинського ліцею імені Нестора Літописця Кременецького району (вчитель

Стрижак Світлана Анатоліївна) та Валігура Софія Ігорівна, учениця 10 класу Дунаївської загальноосвітньої школи I-III ступенів ім. Героя України Олександра Капіноса Кременецької міської ради (вчитель Іскра Віта Сергіївна); Диплом III ступеня – Окаринська Дарина Володимирівна, учениця 9 класу Тернопільського академічного ліцею «Українська гімназія» ім. Івана Франка Тернопільської міської ради (вчитель Товстига Ірина Зіновіївна, Заслужений вчитель України).

У нелегкій боротьбі з достойними суперниками команда Тернопільської області зуміла вибороти ще й особливі призи за виконання завдань практичного туру. Так, Лохвінська Богдана стала володарем призу у номінації «Від луски до хобота» за відмінне знання біорізноманіття живої природи, а Валігура Софія – призу в номінації «Вправний мікролісоруб» за уміле препарування й дослідження рослинних препаратів. Ці досягнення юних біологів свідчать про якість підготовки олімпійців до практичного туру за співпраці з викладачами хіміко-біологічного факультету ТНПУ. Зичимо юним біологам Тернопільщини та їхнім наставникам нових досягнень і перемог! Продовжуємо співпрацю з підготовки обдарованих школярів до учнівських олімпіад з біології.

Список літератури

1. Савустьяненко Т. Управління творчою самореалізацією учнів. Біологія і хімія в школі (Шкільний світ). 2005. № 3. С.47-49.
2. Ткачук А.О. Посилення мотиваційного компонента творчої діяльності обдарованої дитини. Шкільному психологу (Основа). 2010. № 5. С.2-5.

УДК 37.014:001.3-025.12(043.2)

НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ПРОЄКТ «ІНТЕЛЕКТ УКРАЇНИ»: ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ В 7 КЛАСІ

Затулівітер Л. О., Дефорж Г. В.

Центральноукраїнський університет
імені Володимира Винниченка

E-mail: deforzhav@gmail.com

Сучасна освіта України переживає період активного оновлення, впровадження нових підходів, які мають на меті не лише передати учням знання, а й сформувати цілісну систему компетентностей, потрібних для життя у XXI столітті. Одним із прикладів інноваційного підходу є науково-педагогічний проєкт «Інтелект України», що впроваджується у багатьох школах як альтернатива стандартним навчальним програмам.

Суть проєкту. Проєкт «Інтелект України» – це альтернативна освітня програма, створена за підтримки науковців, педагогів-практиків, психологів. Його мета – розвиток логічного мислення, творчості, самостійності, навичок критичного аналізу інформації, формування цілісного уявлення про світ [1; 4].

Особливістю проєкту є міжпредметна інтеграція, особлива система мотивації, а також структурований, логічно побудований навчальний матеріал [1].

Особливості викладання біології у 7 класі. У 7 класі біологія вивчається як окрема навчальна дисципліна, що знайомить учнів зі світом тварин – їхньою будовою, життєдіяльністю, середовищами існування, місцем у природі та значенням для людини. У проєкті «Інтелект України» викладання біології поєднує традиційні підходи з новітніми методиками. Основні особливості:

- компетентнісний підхід: викладання спрямоване не тільки на засвоєння знань, а й на формування практичних умінь і навичок. Учні вчаться спостерігати, аналізувати, робити висновки, працювати з науковими джерелами, проводити дослідження;
- засоби візуалізації: велика увага приділяється ілюстративному матеріалу: схемам, таблицям, фотографіям, моделям. Це дозволяє краще засвоїти складні теми, наприклад, внутрішню будову організмів або класифікацію тварин;
- інтеграція з іншими дисциплінами: біологія у 7 класі інтегрується з географією, хімією, природознавством, інформатикою, що сприяє формуванню міжпредметних зв'язків та цілісного світогляду;

- практична спрямованість: уроки біології передбачають виконання дослідницьких проєктів, мінідослідів, практичних робіт. Учні самостійно збирають інформацію, аналізують її, презентують результати у вигляді проєктів чи презентацій;
- роль учителя: учитель виступає не лише джерелом знань, а й організатором діяльності учнів, фасилітатором навчального процесу. Він створює умови для самостійного пізнання, забезпечує підтримку індивідуальних освітніх траєкторій [2; 4].

Висновки. Біологія у 7 класі в рамках проєкту «Інтелект України» подається не як набір фактів, а як живий, захопливий процес пізнання природи. Такий підхід формує в учнів інтерес до науки, екологічне мислення, вміння застосовувати знання на практиці. У результаті – зростає мотивація до навчання, формується науковий світогляд, виховується відповідальне ставлення до навколишнього середовища.

Список літератури

1. Бех І. Д. Особистісно орієнтоване виховання: теорія і технологія. Київ: ІЗМН, 1998. 204 с.
2. Методика навчання біології : навч. посіб. Гільберг Т.Г., Сак Т.В., Твердохліб І.І. Київ: Генеза, 2017. 320 с.
3. Методичні рекомендації щодо викладання біології у 2023/2024 навчальному році [Електронний ресурс] Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua>
4. Науково-педагогічний проєкт «Інтелект України» [Електронний ресурс]. Офіційний сайт проєкту. URL: <https://www.intellect-ua.info>

НЕТРАДИЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СКЛАДАННЯ РІВНЯНЬ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ РЕАКЦІЙ В КУРСІ ХІМІЇ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ

Карачевська О., Гладюк М. М.

Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

E-mail: nnglad@tnpu.edu.ua

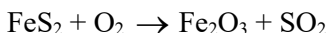
Вивчення окисно-відновних реакцій є невід'ємною частиною змісту шкільного курсу хімії. Дана тема є наскрізною, оскільки пронизує зміст курсу з 8 по 11 класи, включаючи органічну хімію [2]. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій в середній школі традиційно зводиться до методів електронного та електронно-йонного балансів, які, в свою чергу, спираються на такі загальнохімічні поняття, як ступінь окиснення, окисник, відновник, процеси окиснення та відновлення [1; 3; 4].

Актуальність обраної нами теми визначається тим, що для багатьох реакцій дібрати коефіцієнти за названих вище методів, є доволі складно. Так, часто при доборі вчителем відповідних рівнянь перед учнями постає складне завдання, на яке доводиться витрачати багато часу і зусиль. Тому для ефективності та результативності роботи слід використовувати деякі інші методи, суть яких розглянута в нашій роботі. До таких відносяться, насамперед, методи нульового заряду, протонно-йонний, метод довільних ступенів окиснення для рівнянь окисно-відновних реакцій.

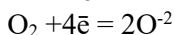
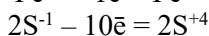
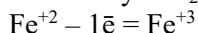
Приступаючи до обговорення названих методів, відзначимо, що в кожному з них використовується поняття «ступінь окиснення». Хоча поняття про ступінь окиснення є формальним і не завжди характеризує стан атомів у сполуках, ним зручно користуватися під час розгляду окисно-відновних реакцій та під час класифікації різних речовин.

Визначення ступеня окиснення елементу у сполучі дуже часто вимагає знання будови даної речовини. Але далеко не всі знають будову молекул або формульних частинок, наприклад таких, як FeS_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, O_3 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$. Так складність виникає

не тільки в учня, але й у студента при визначенні ступеня окиснення Феруму і Сульфору у FeS_2 . Але навіть при правильному визначенні ступенів окиснення (Fe^{+2}S_2) не всі учні можуть скласти рівняння електронного балансу для схеми реакції:



У даному випадку необхідно врахувати одночасно зміну ступенів окиснення атомів Fe та S у FeS_2 :



Суть запропонованого *методу нульового заряду* полягає в тому, що вихідним речовинам, що виступають в якості відновника чи окисника, присвоюється нульовий заряд, тобто ці речовини записуються в молекулярній формі. В цьому випадку відпадає необхідність визначення ступенів окиснення атомів елементів, що входять до складу вихідних речовин, а визначають ступені окиснення атомів у продуктах реакції, що є, як правило, простіше.

Порядок дій у цьому методі наступний: 1) визначають окисник і відновник; 2) визначають ступені окиснення атомів у продуктах реакції; 3) складають напівреакції окиснення і відновлення. При цьому вихідним речовинам – окиснику й відновнику – присвоюють нульовий заряд, тобто ці речовини записують у молекулярному вигляді. Встановлюють матеріальний баланс атомів у кожній напівреакції; 4) визначають суму зарядів атомів елементів у правій частині кожної напівреакції. Ці числа і будуть кратними числами, що виражають коефіцієнти при формулі окисника і відновника відповідно; 5) урівнюють заряди в обох рівняннях напівреакцій; 6) знайдені таким чином коефіцієнти ставлять перед формулами відновника й окисника у рівняннях реакцій і далі добирають коефіцієнти для решти речовин, що беруть участь у реакції.

Продемонструємо метод нульового заряду на конкретному прикладі.

Приклад 1. Процес випалювання піриту.

В реакції $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$ відновником є FeS_2 , а окисником O_2 . Складемо рівняння напівреакції окислення, в лівій

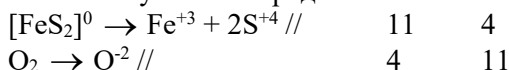
частині якого запишемо відновник у молекулярній формі, а в правій частині вкажемо атоми Феруму і Сульфору з тими ступенями окиснення, що і в продуктах реакції, і знайдемо суму зарядів атомів:

$[\text{FeS}_2]^0 \rightarrow \text{Fe}^{+3} + 2\text{S}^{+4} // 11$ (абсолютне значення суми зарядів).

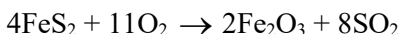
Аналогічно складаємо рівняння напівреакції відновлення:

$\text{O}_2 \rightarrow \text{O}^{-2} // 4$ (абсолютне значення суми зарядів).

Проведемо «балансування» зарядів:



У рівнянні реакції перед формулою окисника ставимо коефіцієнт 11, а перед формулою відновника коефіцієнт 4. Далі добираємо коефіцієнти для продуктів реакції. Як результат отримуємо:



Метод нульового заряду для складання рівнянь окисно-відновних реакцій можна застосовувати до будь яких окисно-відновних систем, у тому числі для дальтонідів, бертолідів, сполук включень та ін. сполук для яких важко встановити ступені окиснення атомів, що входять до їхнього складу. Цей метод відрізняється від інших своєю простотою і доступністю.

Цей метод зручний у тих випадках, коли вихідні речовини незнайомі учням чи визначення ступенів окиснення в даних речовинах викликає труднощі, а також при дефіциті часу на виконання завдання, наприклад на екзамені.

Пропоновані нами методи урівнювання рівнянь окисно-відновних реакцій були апробовані в навчанні учнів, а також обговорювались на засіданнях методичних об'єднань вчителів хімії, де дістали схвалення і рекомендацію до ширшого застосування в навчальному процесі.

Список літератури

1. Горбовий П. М., Столяр О. Б., Барановський В. С. Хімія окисно-відновних процесів. Т.: Астон, 1998. 127с.
2. Навчальні програми з хімії для 8-9 та 10-11 класів (Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти, 2017 рік). Електронний ресурс:

<https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/navchalni-programi-dlya-6-11-klasiv>.

3. Методика викладання шкільного курсу хімії: Посіб. для вчит./ за ред. Н. М. Буринської. К.: Освіта, 1991. 350с.
4. Основи загальної хімії: Підручник /автори В. С. Телегус, О. І. Бодак, О. С. Зеречнюк, В. В. Кінжибало. Ред. В. С. Телегус. Л.: Світ, 2000. 424с.

УДК 37.013.3:5]:140.8

**ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРНО-КРЕАТИВНОЇ
ОСОБИСТОСТІ ВИПУСКНИКА ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ
ЯК ЗАДАЧА СВІТОГЛЯДНОЇ КОМПОНЕНТИ
ПРИРОДНИЧОЇ ОСВІТИ**

Колесник М. О., Федорченко А. Ю.

¹Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г.Шевченка

²Комунальний заклад «Чернігівський обласний науковий ліцей»
Чернігівської обласної ради

E-mail: ¹marynka-san@i.ua; ²tonya.fedorchenko@gmail.com

Сучасний стан освіти констатує необхідність формування образу світу кожного учня, який би мав природовідповідну складову. Інтегрований зміст сучасної освіти за принципами формування універсальної наукової картини світу передбачає причинно-системне становлення світоглядних понять в осягненні світобудови, як світоглядної вісі в учнів, зокрема профільних класів [2]. Системно побудована система виховання закладу може суттєво сприяти розвитку системно-логічного мислення та природоорієнтованості в навчанні, якщо буде спиратися на алгоритм дії всезагальних законів природи і візьме за основу багаторівневу систему взаємодій людини зі світом. Універсальна наукова парадигма характеризує будову буття на основі єдиних закономірностей розвитку, які обумовлюють структурне повторення організації елементів в просторі систем життя та поетапність формування систем у часі розвитку мікро- та макросвіту [1]. Даний підхід отримує значні результати впровадження в освітніх системах, зокрема у старшій школі.

Пропонуємо до розгляду досвід комунального закладу «Чернігівський обласний науковий ліцей» ЧОР, де вдалося здійснити своєрідну збірку досвіду всіх видів та форм діяльності кураторів класів різних профілів обох курсів навчання, та вибудувати чітку виховну модель на основі загальної універсальної моделі. Поряд з освітою наукового спрямування, одним з пріоритетних напрямків роботи закладу є формування творчої особистості, яка характеризується просвітленою системою духовно-ціннісних орієнтацій та високою динамікою «саморуку» вперед. Педагогічне кредо ліцею можна звести до чотирьох «С»: самопізнання, самоорганізація, самореалізація, самовдосконалення. Освітній простір ліцею як «середовища в середовищі» створюється завдяки спеціально організованій педагогічній діяльності і спрямований на забезпечення цілісного розвитку всіх його учасників.

Відповідно до рівнів взаємодії людини зі світом були виділені наступні задачі та напрямки виховання ліцею: 1) Світоглядні завдання (пов'язані з розумінням сенсу життя та цілей розвитку). Світоглядне виховання, виховання наукового світогляду. 2) Аксіологічні завдання. Виховання цінностей, етично-моральне виховання. 3) Соціальні (місце у колективі, досвід в системі самоврядування). Родинне виховання, колективно-перетворювальне виховання. Морально-етичне виховання. 4) Міжособистісні задачі (як досвід співробітництва). Національне, громадянське виховання та гуманістичне виховання. 5) Інформаційні задачі. Інтелектуально-трудове виховання (розумове та виховання культури праці). 6) Етичні задачі. Емоційно-почуттєве, естетичне виховання, виховання культури спілкування. 7) Здоров'я (формування здорового способу життя як повноти співпраці зі світом). Психофізичне виховання, санітарно-гігієнічне виховання.

Причинно-системний підхід дозволив упорядкувати та систематизувати всю виховну роботу Чернігівського обласного наукового ліцею за період в 30 років. До кожного з описаних рівнів добрані відповідні форми роботи, які доповнюються та вдосконалюються і в поточний час. Відповідним чином це дозволило сформувати портрет особистості випускника ліцею:

1. Прагнення до здорового способу життя (вміє

організовувати свій простір життя. Вдало використовує наявні ресурси життя). Цінність: ЗДОРОВ'Я. Вміння формувати свій ПРОСТІР ЖИТТЯ (у тому числі й здоров'я). Якості – ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ за своє життя, стійкість, оптимізм, сміливість, самодостатність.

2. Емоційна збалансованість (вміє контролювати емоції, асертивно спілкуватися, відновлюватися через взаємодію з природою). Вміння будувати гармонійні відносини з іншими людьми. Якості – ДИСЦИПЛІНА, чесність, врівноваженість, відкритість, по важливість, життєрадісність, доброзичливість, прийняття себе.

3. Науковість, високий розвиток ключових компетентностей і наскрізних умінь випускника НУШ, вміння користуватись мисленнєвими операціями. Вміння творчо виражати свої устремління та досягати результату. ПРАГНЕННЯ. Якості – працелюбність, старанність, активність, пошук, новаторство, багатогранність, радість від творчості, адекватна самооцінка.

4. Позитивний соціальний імідж (самоповага, навички самоорганізації, уміння турбуватися про інших та приносити суспільну користь). Цінність: ОСОБИСТІСНИЙ ІМІДЖ. Вміння поєднати особисті прагнення та загальні потреби колективу, суспільства. Вміння соціальної адаптації -- АДАПТИВНІСТЬ. Якості – ПОСТІЙНІСТЬ, чутливість до інших, щирість, вміння виразити себе та свої ідеї, толерантність щодо іншого світосприйняття, впевненість у собі, визнання досягнень інших, постійність розвитку.

5. Лідерські здібності, здатність працювати в команді (вміє очолювати роботу команди і бути її частиною, взаємоузгоджувати питання з іншими). Вміння створювати надійний колектив. Якості – НАДІЙНІСТЬ, культура, щедрість, здатність до взаємодопомоги, взаємопідтримки, ВЗАЄМОУЗГОДЖЕНІСТЬ дій, взаємовідповідальність, лідерство.

6. Усвідомлення власних цінностей (наявність життєвих принципів, уміння їх відстоювати, утілення принципів та цінностей у суспільному житті). Цінність: ДОБРОЧЕСНІСТЬ. Вміння інтегруватися в суспільство разом з колективними

результатами. Якості – розуміння ієрархічності світу, корисна громадська активність, суспільна інтеграція, супорядність, бачення цінності інших людей, самоврядування, взаємообмін цінностями з іншими, стійкі життєві принципи.

7. Візія власного майбутнього (уміння формулювати цілі свого стратегічного розвитку, бачення перспектив життя, інтерес та співпереживання задачам людського розвитку). Вміння бачити майбутні перспективи, будувати Образ Майбутнього, вміння мріяти (креативно і продуктивно). Якості – єдність, перспективність, еволюційність поглядів, цілісність.

Таким чином, використовуючи причинно-системний підхід у створенні виховуючого навчання, стає можливим формування еволюційного, причинно-системного світогляду усіх суб'єктів освіти.

Список літератури

1. Поляков В. А., Колесник М. О., Жиденко А. О., Жара Г. І., Лісогор Т. М. Концепція універсальної освіти України: базові положення та методологічні орієнтири (проект). Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки. Вип. 152. У2-х томах. Том 2. Чернігів: ЧНПУ. 2018. С.203-214
2. Степанюк А., Грубінко В., Колесник М., Інноваційні підходи до формування змісту природничої освіти школярів. *Освіта ХХІ століття: теорія, практика, перспективи* : матеріали Першої міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, м. Київ, 18 квіт. 2019 р. / *Дидактика: теорія і практика* : зб. наук. праць. Київ, Україна : Фенікс, 2019. с. 37-39.

УДК: 37.091.12 : 005.963.3] : 57 – 057.86

ЕКСКУРСІЯ ЯК МЕТОД ПРОФЕСІЙНОГО НАВЧАННЯ ФАХІВЦІВ БІОЛОГІВ

Парубок М.І.

Уманський національний університет садівництва

E-mail: m.parubok69@gmail.com

Під час навчання студентів спеціальності Е1 «Біологія та біохімія» в Уманському національному університеті садівництва поряд з теоретичним та практичним навчанням на кафедрі біології застосовується неформальний метод навчання студентів – навчально-пізнавальні екскурсії до дендрологічних парків та ботанічних садів України.

Слово екскурсія (excursion) латинського походження означає вилазку, відвідування будь-якого місця або об'єкта з метою його вивчення. У цьому сенсі під екскурсією розуміється така форма організації навчання та виховання, при якій студенти сприймають і засвоюють знання шляхом переходу до місця розташування об'єктів, що вивчаються, і безпосереднього ознайомлення з ними [2].

Екскурсія – високоефективна форма навчання, розвитку та виховання студентів – є складовою навчального процесу в Уманському національному університеті садівництва, це один із способів набуття знань. Навчальна екскурсія – форма організації навчання, яка дозволяє проводити спостереження, а також дає можливість вивчення різних рослин, явищ та процесів у природних умовах. Екскурсія забезпечує реалізацію дидактичного принципу зв'язку теорії із практикою. Кожна екскурсія має чітку навчально-пізнавальну та виховну мету. Процес організації екскурсій складається з кількох етапів:

1. Підготовчий – під час якого вибирається об'єкт екскурсії, дається чітке визначення мети екскурсії, розглядається питання, як дістатися (доїхати) до місця розташування об'єкта, вивчається історія створення дендропарку.

2. Змістовна частина екскурсії – це екскурсія по ботанічному саду чи дендропарку, тобто організація навчальної роботи зі сприйняття, засвоєння (або закріплення) матеріалу, що вивчається під час її проведення за допомогою методів опису, пояснення, бесіди та демонстрації.

Кожна екскурсія має чітку навчально-пізнавальну та виховну мету. Студентам пояснюється, яка мета екскурсії, що вони повинні з'ясувати та дізнатися в процесі екскурсії, який зібрати матеріал, як і в якій формі узагальнити його, що повинен включати звіт за підсумками екскурсії.

3. Підбиття підсумків – узагальнення того, що студенти

дівалися нового під час її проведення. Заклучний етап екскурсії проводиться у аудиторії університету. Студенти готують письмові звіти, комп'ютерні презентації та відеофільми після повернення з об'єкта [2].

На першому курсі студенти лише починають вивчати професійну лексику, знайомитись з майбутньою професією, тому для них рекомендуються навчально-пізнавальні, оглядово-ознайомчі екскурсії. Перші навчально-пізнавальні екскурсії проводяться безпосередньо на території Уманського національного університету: екскурсії до теплично-оранжерейного комплексу та на ботанічний розсадник кафедри біології. Основні цілі теплично-оранжерейного комплексу і ботанічного колекційного розсадника такі:

1. Завершуючи лекційний курс по систематиці ознайомлюємо студентів з різноманітністю життєвих форм, кількісним складом представників різних родин покритонасінних в природному, безпосередньо зростаючому вигляді, а також на території теплично-оранжерейного комплексу.

2. Наочно маємо можливість вивчати морфологічні особливості рослин, а також характерні морфологічні ознаки родин, які представлені в колекціях.

3. Ознайомлюємо студентів з рослинами, які можуть бути введенні в культуру (їстівні, лікарські, кормові, декоративні).

4. Студенти знайомляться з рослинами інших регіонів, як нашої країни, так і інших країн та континентів, вивчаються можливості інтродукції деяких з них.

5. При ознайомленні з колекцією рідкісних видів обов'язково вводиться елемент охорони природи: реліктовість, рідкісність або зникнення виду, а також вивчаються їх біологічні особливості.

6. Знайомство з дикорослими корисними рослинами, що згадуються в лекційному курсі, а також доповненнями тими видами, що заслуговують уваги.

7. Частина рослин розсадника розміщена поза систематичною колекцією, створена так звана лісопаркова зона. Це дає можливість вивчати екологічні умови зростання та взаємний вплив видів один на одного (їх загальний розвиток в умовах колекції, елементи агресивності, або навпаки,

пригніченості) [1].

У зв'язку з відкриттям в університеті спеціалізації лікарських рослин на колекційному розсаднику була відведена площа, де були висаджені лікарські рослини, для потреб навчального процесу та виконання наукових досліджень. Це дало можливість не тільки побачити і вивчити лікарські рослини, але і досконало вивчити їх морфологію, біологічні особливості, а також особливості вирощування та заготівлі, що є необхідною умовою майбутньої професійної діяльності.

Починаючи з 2-го курсу для студентів організовуються тематичні екскурсії до дендрологічних парків України – Софіївський дендрологічний парк (м. Умань), Олександрійський дендрологічний парк (м. Біла Церква), парк «Феофанія» (м. Київ), Національний Ботанічний сад ім. М. М Гришка (м. Київ) тощо. Велику популярність у студентів мають навчальні екскурсії на виставки, пов'язані з ландшафтним дизайном. Стало доброю традицією відвідування щорічної міжнародної спеціалізованої виставки з квіткового бізнесу, садівництва, ландшафтного дизайну та флористики. Flower Expo Ukraine у Ботанічному саду ім. М.М. Гришка (м. Київ).

За допомогою екскурсій реалізується принцип наочності навчання, бо в процесі їх студенти безпосередньо знайомляться з предметами, що вивчаються, і явищами; екскурсії дозволяють підвищувати науковість навчання та зміцнювати його зв'язок із життям, з практикою. Екскурсії сприяють професійному навчанню, оскільки дають можливість знайомити студентів із практичним аспектом спеціальності, із застосуванням наукових знань у своїй майбутній професії. Такі екскурсії мають велике значення для профорієнтації молоді, прищеплення любові до обраної професії [3].

Застосування інтерактивних методів навчання сприяє саморозвитку, самореалізації, використанню творчого потенціалу, розвитку дослідницьких когнітивних умінь, розширенню кругозору та загальної культури, розвитку інформаційної культури, виховує повагу до духовних цінностей різних народів, що необхідно для ефективної підготовки майбутніх спеціалістів біологів.

Список літератури

1. Біля витоків ботанічного розсадника Уманського національного університету садівництва : монографія / авт.-упоряд. : Т. В. Мамчур та ін. ; за ред. д-ра с.-г. наук В. П. Карпенка. Умань : Сочінський М. М., 2023. 447 с.
2. Грицай Н. Б. Методика підготовки та проведення екскурсій з біології : навч-метод. посіб. Рівне : О. Зень, 2016. 232 с.
3. Нестуля О., Нестуля С. Критеріально-діагностична база формування лідерської компетентності майбутніх викладачів закладу вищої освіти. *Вища школа*. 2021. № 10. С. 15–29.

УДК 159.922.8:613

**ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ ФІЗИЧНОГО ТА
ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я ПІДЛІТКІВ**

Пашенко Д. С.¹, Барна Л. С.²

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: ¹cepeldiana2@gmail.com; ²barna@chem-bio.com.ua

Фізичне та психічне здоров'я здобувачів освіти середньої ланки закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) формується під впливом складної системи взаємопов'язаних між собою факторів. Ці фактори мають різну природу та механізми впливу на людину. Розуміння цих факторів є необхідною умовою для розробки ефективних стратегій збереження та зміцнення здоров'я учнів 5 - 9 класів закладів загальної середньої освіти. Більшість із чинників ризику починають інтенсивно діяти саме в молодшому підлітковому віці. Урбанізація, науково-технічний прогрес, зниження рівня фізичного і підвищення нервово-психологічного навантаження, інформаційні перевантаження на особистість – усі ці складові нашої доби, звичайно, різною мірою, але впливають на здоров'я підлітків. З кожним роком в Україні спостерігається погіршення стану здоров'я дітей підліткового віку: хворобливість, порушення в роботі внутрішніх органів, зниження рухової активності. 90 % випускників ЗЗСО — вважаються нездоровими,

маючи різноманітні відхилення в стані здоров'я [2].

Сучасні дослідження свідчать, що стан здоров'я підростаючого покоління визначається комплексом соціально-економічних, екологічних, біологічних, поведінкових та інституційних факторів впливу на особистість. При цьому вчені підкреслюють, що вплив цих факторів має системний характер, а їх взаємодія може призводити до потенціювання або нівелювання окремих впливів.

За даними Міністерства охорони здоров'я України, частка різних факторів у формуванні здоров'я учнів 5 – 9 класів ЗЗСО, розподіляється наступним чином: спосіб життя – 50-55%, генетичні фактори – 15-20%, стан навколишнього середовища – 20-25%, якість медичного обслуговування – 10-15% [2]. Ці дані підтверджують визначальну роль поведінкових, соціальних, індивідуальних факторів та способу життя у збереженні здоров'я здобувачів освіти ЗЗСО. Фактори способу життя особистості – це рухова активність, режим дня, раціональне та збалансоване харчування, наявність шкідливих звичок у людини, дотримання гігієнічних норм, раціональне чергування праці та відпочинку.

Важливо зазначити, що в підлітковому віці зростання значення суб'єктивних факторів здоров'я пов'язане із формуванням ціннісних орієнтацій, вибором індивідуальних життєвих цінностей, рівнем добробуту та опануванням нових соціальних ролей. Саме тому формування в здобувачів базової ланки закладів середньої ланки відповідального ставлення до власного здоров'я стає ключовим завданням здоров'язбережувальної діяльності ЗЗСО.

Доволі складним є питання впливу фізичного розвитку здобувачів освіти середньої ланки ЗЗСО, включаючи конституційні особливості їхнього організму, темпу його дозрівання в цілому, на психологічні процеси та властивості особистості. Адже вплив природних властивостей на здоров'я здобувачів освіти 5-9 класів, неможливо вичленити із сукупності соціальних умов, у яких ці властивості виявляються і оцінюються. Хоча певні гени несуть в собі програми розгортання фізичних властивостей особистості, зокрема, які проявляються в підлітковому віці, деяких особливостей темпераменту, розумових схильностей індивіда, але, досліджуючи поведінку і складні

психологічні властивості людини, наука не може однозначно розділити їх генетичні та соціальні детермінанти [3].

Серед умов та викликів сьогодення вирізняються такі, що сприяють становленню дорослості здобувачів освіти підліткового віку. Це можуть бути: пришвидшене фізичне та статеве дозрівання, інтенсивне спілкування з однолітками, більш рання самостійність через ряд причин, якими можуть бути постійна зайнятість та недостатня увага з боку батьків, величезний потік різноманітної за змістом інформації з віртуального простору та середовища, що оточує підлітків. Також це можуть бути умови, що гальмують цей процес (зайнятість лише власним навчанням при відсутності інших серйозних обов'язків підлітків, прагнення батьків надмірно опікуватися своїми дітьми тощо) [4].

У підлітковому періоді розвитку спостерігається ряд характерних проявів, які свідчать про еволюцію особистості підліткового віку. «Важливим аспектом є формування відчуття дорослості, що проявляється у ставленні до себе самого як до дорослої особистості. Таке відчуття визначається особливою формою самосвідомості» [1, с. 56-58].

Мотиваційна сфера підлітків ускладнюється та диференціюється. Формуються стійкі інтереси, схильності, ціннісні орієнтації. Водночас спостерігається підвищена сприйнятливість до зовнішніх впливів, підтримування та слідування за модними тенденціями, думки референтної групи. Важливу роль відіграють мотиви самоствердження особистості, досягнення власного успіху, визнання, належності до колективу.

Підлітковий вік, охоплюючи період від 10 до 16 років, відзначається переживаннями, що є характерною рисою цього етапу розвитку. Здобувачі освіти 5-9 класів можуть проявляти підвищену збудливість, імпульсивність та переживати широкий спектр полярних емоцій. Це період, коли діапазон їхніх почуттів може раптово коливатися від радощів та ентузіазму до зневіри та печалі, виражаючи так званий «підлітковий комплекс» [5, с. 66]. Водночас розвивається здатність до глибших емоційних переживань, емпатії, розуміння складних власних почуттів, аналіз емоційних станів інших людей. Формується емоційний інтелект як здатність розуміти розпізнавати та управляти власними емоціями.

Отже, існує безліч факторів впливу на фізичний та психічний складники здоров'я здобувачів освіти закладів середньої ланки, загальної середньої освіти. Кожен фактор впливу має свої індивідуальні особливості, методи та способи впливу на той, чи інший складник здоров'я здобувачів освіти середньої ланки ЗЗСО. Розуміння цих факторів дає змогу краще розуміти природу підліткового віку.

Список літератури

1. Булах І. С. Психологія особистісного зростання підлітків: реалії та перспективи: монографія. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. 340 с.
2. Вакуленко О. В. Здоровий спосіб життя як соціально-педагогічна умова становлення особистості у підлітковому віці: Дис. канд. пед. наук: 13.00.05. Київ, 2001. 260 с.
3. Маруненко І. М. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни. Київ: Професіонал, 2004. 479 с.
4. Оржеховська В. М. Методологічні засади діяльності освітнього закладу, спрямованої на здоров'я. Педагогіка і психологія. 2011. № 4. С. 5-17.
5. Психологія розвитку особистості у підлітковому та ранньому юнацькому віці. Навч. посібн. для студ. вищ. навч. закладів / за ред. К. В. Седих. Полтава: Астроя, 2018. 342 с.

УДК 373.5.046-024.532:595(043.2)

**МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ТИП
ЧЛЕНИСТОНОГІ» ПРИ ВИКЛАДАННІ БІОЛОГІЇ
У 7 КЛАСІ**

Піщик К. О., Дефорж Г. В.

Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка

E-mail: deforzhav@gmail.com

Вивчення теми «Тип Членистоногі» у 7 класі має важливе значення для формування в учнів цілісного уявлення про біологічну різноманітність, адаптації живих організмів до

навколишнього середовища, а також для розвитку екологічного мислення й ціннісного ставлення до природи. Згідно з чинною навчальною програмою, ця тема є складовою формування предметних компетентностей та реалізації наскрізних ліній [1].

Зміст теми охоплює загальну характеристику членистоногих, різноманіття класів (Комахи, Ракоподібні, Павукоподібні), їхню будову, середовище існування, особливості життєдіяльності та значення в природі й житті людини. Такий обсяг знань дозволяє формувати цілісну природничо-наукову картину світу, поглиблювати уявлення про еволюційні процеси та екосистемні зв'язки [1; 4].

Викладання теми вимагає використання сучасних педагогічних технологій, адаптованих до вікових особливостей семикласників. Ефективними формами роботи є використання мультимедійних презентацій, демонстрацій відеофрагментів, моделювання будови тіла членистоногих, виконання лабораторних досліджень, проведення біологічних квестів, вікторин, завдань з елементами STEM [1; 2].

Діяльнісний підхід до вивчення теми передбачає організацію навчального процесу на основі активної участі учнів: групова й парна робота, проєктна діяльність, створення лепбуків, ментальних карт. Наприклад, учні можуть створити мініпроєкт «Комахи мого регіону», що поєднує дослідницький компонент із міжпредметними зв'язками з географією й екологією [2; 3].

Використання ІКТ, дидактичних матеріалів, схем, моделей, віртуальних лабораторій, інтерактивних карт сприяє глибшому засвоєнню знань, формуванню вмінь застосовувати їх на практиці, розвитку логічного й критичного мислення [4; 3].

Особливої уваги потребує формування природничо-наукових компетентностей, передбачених концепцією Нової української школи. Під час вивчення теми «Тип Членистоногі» доцільно створювати ситуації успіху, що мотивують учнів до самостійного пошуку знань, висування гіпотез і перевірки їх шляхом спостережень і експериментів [1; 5].

Таким чином, сучасна методика викладання теми «Тип Членистоногі» базується на поєднанні традиційних та інноваційних методів навчання, інтеграції змісту та компетентнісного підходу, що сприяє ефективному засвоєнню

знань, формуванню наукового світогляду та екологічної свідомості учнів.

Список літератури

1. Балан П. Г., Кулініч О. М., Юрченко Л. П. Модельна навчальна програма «Біологія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти. 115 с. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Pryrodnychcha.osvitnya.haluz.2023/08.09.2023/Biolohiya.7-9.klas.Balan.ta.in-08.09.2023.pdf>
2. Диптан Н. В. Методика навчання біології. Київ : Літера ЛТД, 2018. 304 с.
3. Котик Т. С., Тагліна О. В. Біологія : підручник для 7 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : Генеза, 2020. 256 с.
4. Пасічник М. В. Основи методики навчання біології. Київ : Освіта, 2016. 223 с.
5. Савченко О.Я. Теорія і методика навчання у школі. Київ : Видавничий дім «Слово», 2021. 416 с.

УДК 378.091:613

**СТАВЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДО
ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ**

Полянська Х. Ф.¹, Барна Л. С.²

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

E-mail: ¹pkhristina1@gmail.com; ²barna@chem-bio.com.ua

Одним з важливих показників рівня соціального добробуту держави є стан здоров'я її населення, зокрема, молоді, яка забезпечує економічне, інтелектуальне, репродуктивне, культурне майбутнє суспільства. Стан здоров'я студентства є актуальною соціальною і медичною проблемою в Україні. Упродовж останнього десятиліття має місце стійка тенденція до зростання кількості молодих людей, які маю ослаблене здоров'я, початкові стадії захворювань. Фіксується збільшення кількості

серцево-судинних захворювань серед здобувачів вищої освіти, порушення постави та інших вад опорно-рухової системи, зниження рівня функціональних можливостей організму, різня фізичної підготовки тощо. Також має місце тенденція до збільшення кількості студентів, які відносяться до спеціальних медичних груп для занять з фізичної культури [2].

Серед тих, хто вступає у доросле життя, 40–60 % мають хронічні захворювання, 40–50 % – морфофункціональні відхилення. 33 % студентської молоді мають хвороби органів дихання, 17,4 % – нервової системи та органів чуття, 9,7 % – органів травлення та 9,8 % – кістково-м'язової системи. Погіршення стану здоров'я молоді підтверджують такі показники: за п'ять останніх років частота анемій зросла майже на 400 %, а новоутворень – більш як на 130 %. У багатьох молодих людей ознаки захворювань виявляються ще в дитячому віці. Наприклад, короткозорість – у 83 %, захворювання центральної та периферійної нервової системи – у 73 %, виразкова хвороба – у 55,4 % [1].

Такий стан стан здоров'я студентської молоді значною мірою пов'язаний із зниженням рівня рухової активності, нераціональним харчуванням, наявністю шкідливих звичок, а також відсутністю мотивації студентів до здорового способу життя.

З метою з'ясування особливостей способу життя студентської молоді закладів вищої освіти, їхніх звичок, ставлення до власного здоров'я та до здорового способу життя нами було проведено анкетуванням. Анкета, створена на Google-формі містила 18 питань щодо особливостей харчування, рухової активності, використання різноманітних здоров'язбережувальних технологій, дотримання режиму дня, шкідливих звичок тощо. Анкетуванням було охоплено 92 здобувачі вищої освіти, які представляли органи студентського самоврядування з Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Тернопільського національного університету імені Івана Горбачевського, Західноукраїнського національного університету, Львівського, Ужгородського, Хмельницького національних університетів, Українського католицького університету, Полтавського державного медичного

університету, Чернігівського колегіуму.

62 % анкетованих належали до вікової категорії 18 – 20 років, 21,7 % - 16 – 17 років, 13 % – 21 – 23 роки. 84 % жінки, 14 % - чоловіки. Незначна частина анкетованих не захотіла давати відповідей щодо своєї статевих приналежності.

На запитання анкети щодо того, скільки разів студенти харчуються 45,7 % мають триразове харчування. 44,6 % анкетованих харчуються 1 – 2 рази. Тобто, майже половина опитаних не дотримуються режиму харчування. 30,4 % анкетованих часто вживають фаст-фуд або нездорову їжу. 38 % роблять це рідко, 29,3 % харчуються шкідливою їжею кілька разів на тиждень. І лише 2,3 % анкетованих не вживають фаст-фуд або нездорову їжу (газовані напої, солодощі тощо). Лише 8,7 анкетованих студентів вважають своє харчування збалансованим, 41,3 % відповіли на це питання: «скоріше так». 50 % респондентів відповіли, що не вважають своє харчування збалансованим або скоріше, що ні, не вважають.

Лише 7,6 % анкетованих здобувачів зазначили у своїх анкетах, що вони щодня займаються фізичними вправами або спортом, 41,3 % роблять це кілька разів на тиждень, 28,3 % – один раз на тиждень, майже 23 % рідко займаються фізичною культурою або спортом. Тобто, близько 50 % анкетованих студентів щодня або кілька разів на тиждень цілеспрямовано займаються руховою активністю. Зважаючи на вік анкетованих, такі результати не можна вважати задовільними. Самооцінка студентами рівня власної рухової активності загалом співпадає з результатами відповідей на попереднє запитання: 45% респондентів дали відповідь «так» або «скоріше так» на запитання, чи вважають вони свій рівень фізичної активності достатнім. Приблизно такий же відсоток анкетованих студентів використовують для зміцнення свого здоров'я різноманітні здоров'язберігаючі технології.

Понад 70 % анкетованих студентів дотримуються денної норми ходьби і цей факт можна вважати частковою компенсацією недостатнього рівня фізичної активності. Позитивним є те, що приблизно такий же відсоток студентів споживають достатню кількість питної води. Проте, режиму дня дотримується 60 % анкетованих студентів. Лише трохи більше 10

% анкетованих студентів мають шкідливі звички.

54 % студентів, які взяли участь в анкетуванні часто відчують стрес та втому через надмірні навчальні навантаження. Для відновлення сил студенти використовують сон, зміну видів діяльності, прогулянки на свіжому повітрі, улюблені справи, фізичну активність, подорожі, читання, зустрічі з друзями. Серед названих варіантів відновлення фізичних і духовних сил частина студентів назвали соціальні мережі, перегляд TV, геймінг.

У своїх анкетах студенти запропонували різноманітні способи покращення здоров'я здобувачів освіти: функціонування різноманітних спортивних секцій, вільний доступ до спортивного залу; створення комфортного освітнього середовища у закладах вищої освіти; проведення руханок та ранкових розминок, туристичних походів, різноманітних заходів з профілактики шкідливих звичок, збереження ментального здоров'я студентів; запровадження освітніх компонент, присвячених проблемам здорового способу життя, раціонального харчування, способів збереження психічного здоров'я; проведення моніторингу стану здоров'я студентів; збільшення тривалості перерв та проведення пар на свіжому повітрі; наявність медпункту; можливість харчуватися здоровою їжею в університеті. Із 92 , охоплених анкетуванням студентів, лише 14 дали ствердну відповідь на запитання, чи в університеті, де вони навчаються створення належні умови для ведення здорового способу життя.

Отож, результати дослідження показали загалом позитивне ставлення здобувачів вищої освіти до здорового способу життя. Проте, має місце невідповідність між знаннями студентів та їх реальною поведінкою, що є свідченням недостатнього рівня мотивації до ведення здорового способу життя. Діяльність закладів вищої освіти має бути спрямована на вирішення цього важливого завдання.

Список літератури

1. Лотоцька О. В., Найсик Л. П., Крицька Г. А., Сопель О. М., Флекей Н. В. Ставлення студентів-медиків до здорового способу життя . Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. 2022. №1. С.11–16.
2. Мозговий О. І., Донченко І. С. Загальна характеристика

стану здоров'я студентів ВНЗ. Вісник Запорізького національного університету. Фізичне виховання і спорт. № 2 (8). 2012. С. 92 – 96.

УДК 37.026.3:372.859:59

ВИКОРИСТАННЯ КОМПЕТЕНТІСНО ОРІЄНТОВАНИХ ЗАВДАНЬ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ЗООЛОГІЇ

Пожарнюк Х. Б., Шевчик Б. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: shevabogdan9@gmail.com

Сьогодні в Україні реформування педагогічної освіти стало не лише потребою часу, а й життєвою необхідністю [3]. Сучасні вимоги до підготовки вчителів зумовлені: оновленням стандартів Нової української школи (НУШ), цифровізацією освіти, впровадженням компетентнісного підходу, викликами, спричиненими війною: внутрішньою міграцією, психологічною травматизацією учнів, нестачею ресурсів, потребою в інтеграції дітей із тимчасово окупованих територій тощо [5].

У рамках реалізації особистісно-діяльнісної парадигми сучасної біологічної освіти актуалізувалося застосування нових методів, методичних прийомів та варіативних технологій, зокрема й застосування завдань, що гарантують здобувачам освіти, формування професійної компетентності [1].

Механізмом реалізації цієї ідеї стає компетентнісний підхід, що передбачає не лише засвоєння учнями знань, а й формування здатності застосовувати їх у життєвих ситуаціях. Процес навчання, спрямований на розвиток таких умінь, дозволяє особистості адаптуватися до соціокультурного простору, активно взаємодіяти з ним, критично його осмислювати та впливати на нього.

Результатом впровадження компетентнісного підходу є формування загальної компетентності особистості – інтегрованої якості, яка охоплює знання, цінності, досвід, ставлення та здатність діяти. Це нове розуміння результатів освіти змінює саму парадигму викладання – від «передавання знань» до

«створення умов для розвитку особистості» [4].

Певний потенціал щодо цього мають компетентісно-орієнтовані ситуаційні завдання [2]. Використання подібних завдань забезпечує виникнення зв'язків між навчанням та повсякденним життям майбутніх фахівців, сприяє формуванню власного досвіду, вмінню використовувати знання для розуміння біологічних процесів і природних явищ. Застосування ситуаційних завдань дозволяє здобувачам освіти формувати наскрізні біологічні знання, вміння застосовувати їх у реальних ситуаціях повсякденного життя, руйнує уявлення, що біологічна освіта далека від життєвих потреб пересічної людини.

Важливою частиною компетентісно зорієнтованої освіти стає навчання під час якого студент не лише набуває теоретичних знань згідно з програмою, а і формує вміння адаптуватися у нових умовах життя, набуває навичок самореалізації, саморозвитку, пристосування до певних ситуацій, навчається мотивуватися та діяти виходячи з особистих інтересів, а не вимог зазначених в навчальній програмі. Таким чином компетентісно зорієнтоване навчання передбачає, що здобувач освіти стає невід'ємною рушійною силою цього процесу. Важливою характеристикою компетентісно зорієнтованого завдання є проблемність, за якої результатом його виконання буде здобуття нового знання, що є особистим надбанням студента.

Наводимо кілька прикладів компетентісно орієнтованих завдань з зоології, що можуть бути використані ними у подальшій професійній діяльності.

1. Наприклад, якщо ваші майбутні учні зацікавляться:

- чим саме забезпечується здатність птахів до польоту;
- як птахи дихають під час польоту;
- де зимує лелека білий;
- де проходять міграційні шляхи цього птаха.

Які книги і чому саме їх ви б порадили прочитати учням.

2. Завдання для самостійної роботи: Проведіть спостереження за зимуючими птахами шкільного подвір'я! Дізнайтесь, які птахи прилітають на дерева біля сусідньої школи взимку. Протягом тижня уважно спостерігайте за птахами, занотуйте свої спостереження. Якщо вам буде складно впізнати певних птахів, зверніться по допомогу до вчителя або

скористайтесь довідниками з орнітології.

Складіть план невеликого експерименту, щоб з'ясувати, яку їжу птахи обирають найохочіше: насіння соняшнику, пшеницю, просо, хлібні крихти чи щось інше. Проведіть дослідження, зафіксуйте результати у вигляді таблиці або короткого опису.

Обговоріть результати з однокласниками на уроці. Не забувайте й надалі піклуватися про птахів – їм потрібна наша підтримка взимку!

3. Весною, з настанням періоду статевого дозрівання, у багатьох птахів нашої фауни починається токування, що проявляється через спів чи крики птахів, а інколи – у характерних позах, рухах або супроводжується бійками між самцями.

Здобувачі освіти отримали завдання: Під час екскурсії до лісу провести спостереження за токуванням голуба, крука, денних хижих, совоподібних, і описати результати спостереження. Звернути увагу на поведінку самця під час токування, що супроводжується, надуванням вола, хлопанням крилами у повітрі, спробами нагодувати самку з дзьоба; у лютому, чи ще у січні настає період неймовірної краси шлюбних ігор, коли пари птахів, піднявшись високо над лісом, здійснюють складні повітряні маневри, точно повторюючи спритні рухи один одного, а по закінченні токування самки ремонтують гнізда і відкладають кладку; підіймаючись високо в повітря, самець голосно кричить, перекидається, а відтак – доволі швидко опускається по косій лінії до самки, що сидить у гнізді, все це супроводжується сильним свистом крил; шлюбні сигнали самця – монотонне низьке «укання», крім того, в проміжках між звуками, самець часто літає і б'є крилами, часто в дуєті з самцем самка видає плакучий звук «няяя». Обговоривши отримані результати встановити відповідність між досліджуваними видами та притаманними для них способами токування.

4. Птахи будують доволі різноманітні гнізда: від примітивних до доволі складних, побудованих у певних середовищах або гніздо взагалі не будується.

У багатьох видів нашої фауни це гніздові нори (наприклад, рибалочка, сиворакші, бджолоїдки, берегові ластівки). Зокрема для берегових ластівок подібні земляні роботи проводяться

вздовж глинисто – піщаних обривистих берегів річок, кар'єрів (рис. 1) і потребують тривалої важкої кропіткої праці. Рідше ці птахи облаштовують гнізда в різноманітних порожнинах, що трохи нагадують нори: у невеликих заглибинах під камінням і корінні дерев, в ущелинах скель, металевих трубах огорож тощо.



Рис.1. Нори
ластівки берегової



Рис.2. Гніздо
ластівки міської



Рис. 3. Гніздо
ластівки сільської

Міські ластівки будують напівсферичні гнізда (рис. 2) на будівлях (під карнизами, балконами, лиштвами, у віконних прорізах, а також на стелях галерей і ганків), на скелях (під виступами, у нішах і тріщинах,) інколи у печерах чи на кручах з більш-менш пухких порід (напр. глини). Оселяючись у різних місцях, міські ластівки майже завжди облаштовують гнізда таким чином, щоб вони знаходилися під досить широким навісом, котрий прикривав би їх від опадів і давав тінь.

На відміну від міської – ластівка сільська найчастіше гніздиться всередині будівель (рис. 3). Так, наприклад, у житловому будинку вона зазвичай облаштовує чашоподібне гніздо на горищі, у кімнаті, сінях і навіть у підвалі. Птах воліє гніздитися поблизу відкритих просторів чи ділянок, порослих дрібним чагарником, а також поблизу водойм. Лісів вона уникає.

Завдання: З'ясуйте, де будують свої гнізда ластівки. Зверніть увагу, як вони розташовані, з чого складаються, на що схожі, як саме ластівки приносять будівельний матеріал. Визначте, який будівельний матеріал використовують птахи для побудови гнізд. Спробуйте знайти місце, де птахи беруть глину для гнізда: простежте, скільки разів за день вони її приносять.

Застосування компетентісно орієнтованих ситуаційних

завдань в освітньому процесі є важливим інструментом для досягнення основних результатів навчання зоології, зокрема – формування предметних (зоологічних) і ключових компетентностей здобувачів освіти.

Таким чином, впровадження компетентісно орієнтованих завдань слід розглядати в контексті оновлення змісту освіти та впровадження сучасних освітніх технологій. Важливо, що під час виконання таких завдань здобувач освіти самостійно визначає проблему, планує й контролює процес її розв'язання, тоді як викладач виступає в ролі організатора, консультанта та наставника. Така модель взаємодії істотно підвищує мотивацію студентів і сприяє покращенню результатів навчальної діяльності загалом.

Список літератури

1. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека освітньої політики / під заг. ред. О.В. Овчарук. К. : «К.І.С.», 2004. 112 с.
2. Коршевнюк Т. Ситуаційні завдання в компетентісно орієнтованому навчанні біології. Біологія і хімія в рідній школі. 2019. № 1. С.2–5.
3. Пашенко В. О. Професійна підготовка вчителя. Підготовка педагогічних кадрів до роботи в умовах нової структури і змісту початкової освіти : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (Полтава, 23–25 квітня 2001 р.), 2001. С. 3.
4. Приходько Н. Ф. Приклади компетентісно орієнтованих завдань на уроках біології з метою формування ключових компетентностей учнів. Всеосвіта. Бібліотека методичних матеріалів. Біологія. URL: <https://vseosvita.ua/library/prykłady-kompetentnisno-orientovanykh-zavdan-na-urokakh-biologhii-z-metoiu-formuvannia-kliuchovykh-kompetentnostei-uchniv-773187.html>
5. Шевчик Б. В., Кравець Н. Я. Адаптивний характер управління закладами передвищої фахової освіти в умовах стану війни в Україні. Медико-біологічні та освітні аспекти здоров'я людини в умовах війни та повоєнного часу. Присвячена Всесвітньому дню здоров'я

: матер. всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (Тернопіль, 10–13 квіт. 2024) / за ред. проф. Л. Я. Федонюк. Тернопіль : ТНМУ, 2024. С.54–57. URL: <https://repository.tdmu.edu.ua/handle/1/8390>.

УДК 37.091.64:004.9

ІНФОГРАФІКА У БІОЛОГІЧНІЙ ОСВІТІ

Рушак Ю. Р.¹, Вакерич М. М.^{1,2}, Гасинець Я. С.¹

¹ДВНЗ "Ужгородський національний університет"

²Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

E-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

Сучасна освітня система перебуває в постійному пошуку ефективних засобів навчання, що не лише забезпечують якісне засвоєння знань, а й пробуджують інтерес здобувачів освіти до предмета. В умовах цифровізації суспільства та стрімкого розвитку технологій, традиційні методи поступово доповнюються новими формами подання матеріалу, орієнтованими на інтерактивність, візуалізацію та персоналізацію навчального процесу. Це особливо важливо у навчанні природничих дисциплін, зокрема біології, яка охоплює широкий спектр тем – від мікроскопічного рівня клітин до глобальних екосистемних процесів [1, 2].

Однією з найважливіших потреб біологічної освіти є наочність. Багато понять і явищ, що розглядаються у курсі біології, є складними для сприйняття без відповідного візуального супроводу. Наприклад, структури органел клітини, механізми обміну речовин, передача спадкової інформації, фотосинтез, кругообіг речовин у природі – все це процеси, які складно уявити, якщо їх пояснювати лише вербально або з використанням простого текстового підходу. Саме тут на допомогу приходять сучасні візуальні інструменти, зокрема інфографіка [3, 4].

Інфографіка, як спосіб представлення інформації через поєднання текстових, графічних і діаграмних елементів, активно входить у практику викладання біології. Вона дозволяє

перетворити сухі, фрагментарні або складні теоретичні відомості на логічно структуровані, доступні й візуально привабливі матеріали. Це дає можливість як учням, так і педагогічним працівникам краще орієнтуватися в темі, розуміти зв'язки між поняттями, бачити послідовність і причинно-наслідкові зв'язки у біологічних процесах.

Крім того, використання інфографіки сприяє розвитку ключових компетентностей здобувачів освіти – критичного мислення, аналізу, порівняння, уміння узагальнювати. Застосування візуальних моделей стимулює когнітивну активність, розвиває уяву та формує вміння «бачити систему» в окремих фрагментах знань. Такий підхід особливо ефективний у контексті інклюзивної освіти, коли потрібно адаптувати матеріал для учнів з різними стилями сприйняття та рівнем підготовки.

У результаті інфографіка стає не просто додатковим візуальним матеріалом, а повноцінним дидактичним інструментом, який підсилює ефективність викладання, робить уроки більш динамічними, а навчання – глибшим, зрозумілішим і привабливішим для учнів. Виходячи з цього переваги використання інфографіки на уроках біології наступні:

1. Візуалізація складних процесів. Інфографіка дозволяє подати важкі теми у спрощеному й водночас точному форматі. Наприклад, біохімічні реакції, життєві цикли організмів, функціонування екосистем або процес фотосинтезу стають зрозумілішими при візуальному поданні.

2. Оптимізація когнітивних процесів. Згідно з дослідженнями, до 90% інформації людина сприймає через зір. Яскраві кольори, піктограми, стрілки, блок-схеми тощо активізують зорову пам'ять, сприяючи кращому запам'ятовуванню матеріалу.

3. Економія часу на засвоєння матеріалу. Використання ментальних карт, схем, таблиць та денотатних графів значно скорочує час, необхідний на підготовку до контрольних чи підсумкових робіт. Учень отримує стиснутий, але змістовний виклад теми.

4. Підвищення мотивації учнів. Кольорові, структуровані візуальні матеріали викликають інтерес і позитивне ставлення до предмета. Учні легше залучаються до навчального процесу та

охочіше працюють із матеріалом.

У практичній діяльності педагогічного парцівника можна використовувати як професійні дизайнерські програми, так і прості у використанні онлайн-інструменти, зокрема:

Canva – [canva.com]: має велику базу шаблонів, піктограм, можливість створювати діаграми, блоки, графіки.

Piktochart – [piktochart.com]: зручний інструмент для створення освітніх постерів, інструкцій та презентацій.

Microsoft PowerPoint – [office.com]: дає змогу швидко зібрати схему або ментальну карту у знайомому середовищі.

Google Slides – [slides.google.com]: хороший варіант для створення спільних проєктів і демонстрацій у реальному часі.

Ці платформи дають можливість створювати індивідуальні інфографіки до тем, надсилати їх учням або розміщувати на платформах дистанційного навчання.

Інфографіка в біологічній освіті – це не просто сучасний освітній тренд, а потужний інструмент візуалізації, що відповідає потребам і викликам сьогодення. Вона формує у школярів важливі навчальні та життєві компетентності: аналітичне мислення, уміння співвідносити інформацію, робити висновки, порівнювати та синтезувати знання; підтримує індивідуалізацію та диференціацію навчання, дає змогу педагогу адаптувати матеріал до потреб різних учнів.

У контексті розвитку НУШ та переходу до компетентнісного підходу в освіті, інфографіка відіграє ключову роль у створенні сучасного освітнього середовища, яке є візуально привабливим, гнучким і ефективним.

Отже, інфографіка повинна стати невід’ємною частиною кожного сучасного уроку біології – не як додаткова опція, а як органічний елемент навчального процесу, що забезпечує глибше розуміння природи, сприяє формуванню цілісного світогляду та розвиває компетентності майбутніх громадян світу.

Список літератури

1. Гасинець Я. С., Вакерич М. М., Куртяк Ф. Ф. Цифрова трансформація освіти майбутнього: стандарти, норми та правила. Академічні візії 16 (2023) <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7605011>.
2. Лабенко О. В., Вакерич М. М., Усата О. Ю.

Діджиталізація та диверсифікація сучасного освітнього простору. Академічні візії 15 (2023). <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7515054>.

3. Ловас П. С., Мірутенко В. В., Рошко В. Г., Вакерич М. М. Актуальні аспекти змісту біологічних дисциплін та інноваційні методики й технології їх навчання і викладання в закладах вищої освіти України. Академічні Візії, 19, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7781714>.
4. Hasynets, Y., Vakerych, M., Solnyshkova, S., Pustovoichenko, D., & Kuruts, N. (2024). Transforming Higher Education in the Digital Age. Futurity Education, 4(2). 263-278. <https://doi.org/10.57125/FED.2024.06.25.14>

УДК 378.147:005.336.1/2:159.922

ВИЗНАЧЕННЯ І ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «SOFT-SKILLS» МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ

Федонюк Л. Я., Фурка О. Б., Глипка Н. Б.

Тернопільський національний медичний університет
імені І. Я. Горбачевського МОЗ України

E-mail: fedonyuklj@tdmu.edu.ua

У сучасному професійному світі технічні знання та спеціалізовані навички (hard skills) є необхідними, але недостатніми для досягнення успіху [1].

Сучасна система вищої освіти формує нові пріоритети не лише в професіональному, а й особистісному розвитку здобувачів вищої освіти, вимагає комунікації з урахуванням викликів сьогодення. Усе активніше у сучасному освітньому просторі постають питання про розвиток у здобувачів вищої освіти «навичок ХХІ сторіччя» - «м'яких» навичок («soft skills»). Впродовж останніх 20 років концепція «soft skills» стала невід'ємною складовою у багатьох сферах економіки та суспільства. 85% кар'єрного успіху сьогодні забезпечують м'які навички [2]. Майже кожне оголошення про вакансію містить перелік навичок, якими повинен володіти працівник: уміння працювати в команді, робота в умовах невизначеності, клієнтоорієнтованість, міжгалузева комунікація, відповідальність,

виривалість, здібність переконувати або йти на компроміс. Високий рівень розвитку «soft skills» сприймається роботодавцями як предиктор успішності в професійній діяльності випускників [3].

Проведений огляд публікацій про «soft skills» та систематизація інформації, що стосується обговорюваної теми, показує, що у багатьох контекстах «soft skills» прирівнюються до таких термінів як «employability skills» (навички для працевлаштування), «people skills» (навички спілкування з людьми), «non-professional skills» (непрофесійні навички), «key skills» (основні 32 навички), «skills for social progress» (навички для соціального розвитку), «life skills» (життєві навички). Згідно з Оксфордським словником, «м'які навички» – це особисті якості, які дозволяють ефективно й гармонійно взаємодіяти з іншими людьми [4, 5].

Зміст «soft skills» дослідники розкривають через навички прийняття рішень, ведення переговорів, управління людьми, управління особистим розвитком, тайм-менеджмент, лідерство, командні навички, комунікативні навички, які мають універсальний характер, необхідний людям будь-якої професії та у повсякденній житті, зокрема:

1. Покращення комунікації: ефективні комунікативні навички сприяють чіткому обміну ідеями та інформацією, що є основою для успішної співпраці.

2. Сприяння командній роботі: здатність працювати в команді дозволяє об'єднувати зусилля для досягнення спільних цілей та вирішення комплексних завдань.

3. Розвиток лідерських якостей: лідерські навички допомагають надихати інших, управляти проектами та приймати стратегічні рішення.

4. Покращення адаптивності: гнучкість та здатність адаптуватися до змін є важливими в умовах швидко змінюваного ринку праці.

5. Підвищення критичного мислення: аналітичні здібності дозволяють оцінювати ситуації та приймати обґрунтовані рішення.

6. Посилення емоційної інтелігентності: розуміння емоцій допомагає будувати здорові міжособистісні стосунки та

ефективно вирішувати конфлікти.

7. Стимулювання креативності: інноваційне мислення сприяє розвитку нових ідей та підходів до вирішення завдань.

8. Покращення управління часом: ефективне планування дозволяє досягати більшого за менший проміжок часу, знижуючи стрес та підвищуючи продуктивність.

Отже, гнучкі навички охоплюють широкий спектр особистісних якостей, які визначають, як особа комунікує з іншими людьми та адаптується до різних ситуацій. Ці навички впливають на спосіб взаємодії людини з іншими, є універсальними та надзвичайно важливими для майбутніх фахівців, оскільки вони сприяють ефективній комунікації, адаптації в динамічному професійному середовищі, дають можливість будувати кар'єру та сформувати власну репутацію. «Soft skills» – це ситуативні вміння, знання, ступінь прояву яких найчастіше залежить від типу особистості, особливостей рис характеру, темпераменту. Ці навички важко відстежити, перевірити та наочно продемонструвати, проте розвивати їх можна і навіть потрібно.

Таким чином, необхідно бути володарем універсальних навичок і соціальних якостей, які допомагають знаходити оптимальні зважені рішення в широкому спектрі щоденних професійних завдань. Розвиток «soft skills» є ключовим фактором успіху в кар'єрі та особистому житті.

Список літератури

1. Кірдан О., Кірдан, О. Формування soft skills здобувачів вищої освіти в освітньому процесі закладу вищої освіти. Психолого-педагогічні проблеми сучасної школи. 2022. № 2(6). С. 152–160.
2. Чаусов І., Брюховецька О. Визначення і зміст поняття «Soft-Skills» майбутніх фахівців. Вісник післядипломної освіти: зб. наук. пр. Сер. Соціальні та поведінкові науки. Сер. Управління та адміністрування ПОЧАТОК. 2024. № 28(57). С. 136-153.
3. Рогульська О. О., Магдюк О. В. Доцільність формування «soft skills» у студентів зво засобами інтерактивних та мультимедійних технологій. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2023. № 209. С. 92-98.

4. Коляда Н. М., Кравченко О. О. Практичний досвід формування «soft-skills» в умовах закладу вищої освіти. Науковий збірник «Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка». 2020. № 27 (6). С. 137-145.
5. Левіт Д., Євтухова Т. Розвиток soft skills у контексті сталого розвитку освіти. Освіта. Інноватика. Практика. 2024. № 12(1). С. 57-62.

УДК 372.857

РОЗВИТОК ТВОРЧОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ НА ОСНОВІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З БІОЛОГІЇ

Федорович Г. С.¹, Пацюк М. К.¹

¹ Житомирський державний університет імені Івана Франка

E-mail: anna.fed2004@ukr.net, kostivna@ukr.net

Біологія – унікальна наукова галузь, яка викликає інтерес у учнів і студентів природничого профілю. Навчання біології має на меті не лише вивчення теоретичного матеріалу, але й розв'язування задач різних типів.

Задача – абстрактна модель реального біологічного явища, в якій на основі наявної інформації треба знайти невідоме, використовуючи при цьому знання теорії й основних законів. У розв'язуванні будь-якої задачі можна виділити такі основні етапи:

1) Аналіз задачі: осмислення змісту, під час якого потрібно визначити, з якого розділу, до якої теми належить, про що запитується в умові, чи достатньо даних задачі для знаходження невідомої величини.

2) Короткий запис умови: що дано, що треба знайти, при цьому необхідно використовувати біологічні символи.

3) Пошук способу розв'язку задачі: необхідно враховувати велику кількість факторів – генотип, фенотип, умови навколишнього середовища, структуру популяцій, закони, гіпотези, теорії та висновки, що з них випливають.

4) Процес розв'язку задачі:

проводиться поетапно, коротко формулюються ключові запитання кожного етапу, перевіряються результати розрахунків.

5) Заключний етап: перевірити правильність розв'язку, сформулювати і записати кінцеву відповідь.

6) Для допитливих і біологів за покликанням: проведіть дослідження розв'язку задачі. Подумайте, чи немає іншого, раціонального способу розв'язування. Яку ще інформацію можна отримати після вирішення задачі. Спробуйте придумати подібну задачу та запропонуйте її розв'язати своїм однокласникам.

Розрізняють такі види задач із біології:

- 1) таксономічні;
- 2) фізіологічні;
- 3) еволюційні;
- 4) екологічні;
- 5) задачі на анатомію та морфологію;
- 6) генетичні.

За характером і типом завдань задачі можуть бути аналітичними, прогностичними, практичними [2].

Формування творчого мислення відбувається під час навчального процесу (практичні заняття) та в позаурочний час (гуртки, олімпіади). Навчально-творчі задачі сприяють розвитку творчого мислення та пов'язані з інтелектуально-особистісними особливостями учнів. За допомогою таких задач вчителю вдається створити творчу (проблемну) ситуацію, визначити мету, умови та вимоги навчально-творчої діяльності, в процесі якої учні набувають знаннями, вміннями, навичками, розвивають творчі здібності [2, 3]. Вправи і задачі з біології найчастіше ґрунтуються на складному теоретичному матеріалі. Для їхнього розв'язання потрібні певні логічні побудови. Це виховує дисципліну мислення, тренує розум, учить думати. Розв'язування задач з біології сприяє зміцненню міжпредметних зв'язків біології з математикою, фізикою, хімією, посилює практичну спрямованість навчання [1].

Механізм розв'язку біологічної задачі має такі компоненти: мотив → мета → орієнтація → проблемна ситуація → моделювання → розв'язок задачі → вербалізація → роздум → початок нової дії або операція.

Наведемо приклад задачі з практичним спрямуванням [1]:

«Фермер підозрює, що деякі з його курей, які мають оперені ноги, гетерозиготні за геном, який визначає опереність та голоногість у курей. Яким чином можна визначити, які з них є дійсно гетерозиготними?» Проблемні задачі потребують оригінальності та пластичності творчого мислення. Наприклад: «Усім відомий бомбейський феномен, який полягає в тому, що в сім'ї, де чоловік мав I групу крові, а жінка – III, народилася донька з I групою крові. Дівчина вийшла заміж за юнака з II групою крові; від цього шлюбу народилося двоє дівчаток з IV та I групами крові. Народження дитини з IV групою зацікавило багатьох генетиків, які пояснили це явище дією епістатичного гена (h), який в гомозиготному стані (hh) пригнічує дію генів, що визначають групи крові за системою АВО. З'ясуйте генотипи щодо груп крові усіх згаданих у задачі членів родини. Визначте групи крові дітей, якщо дівчина з I групою крові вийде заміж за чоловіка з IV групою крові, але гетерозиготному за епістатичним геном (Hh)».

Основними функціями задач, які забезпечують реалізацію творчої діяльності учнів під час розв'язування задач є такі:

- 1) мотиваційна;
- 2) інформаційна;
- 3) дослідницька;
- 4) аналітико-синтетична;
- 5) діагностична;
- 6) світоглядна.

Реалізація цих функцій можлива лише через задачі з генетики, які формують творчу і пізнавальну діяльність учнів [1]. Зміст, структура та основна проблема будь-якої генетичної задачі сприймається учнями по-різному й залежить від його інтересів та здібностей. Включаються ціннісні мотиваційні механізми діяльності, встановлюється взаємозв'язок між структурними елементами задачі, з'ясовується сутність основних понять і термінів задачі. Це і є формою розвитку мислення.

Отже, розв'язок задач із біології заснований на реалізації індивідуальних особливостей та інтересів учнів, сприяють активній рефлексії. Для того, щоб розв'язати задачу з біології необхідно: знати теорію, володіти базовим апаратом та інструментарієм, мати креативний підхід й уявлення; мати

навички перевірки та аргументації.

Список літератури

1. Біологія: 10-11: Запитання, вправи, задачі, тести / Г. М. Міхеева, І. Д. Лищенко, С. В. Воловник, Л. О. Юрик. Київ : Генеза, 2008. 152 с.
2. Загальна методика навчання біології: навч. посібник / І. В. Мороз та ін.; за ред. Мороза І. В. Київ : Либідь, 2006. 590с.
3. Зайченко І. В. Педагогіка і методика навчання у вищій школі : навч. посіб. Київ : 2017. 456 с.

37.016:5(091)

**ВНЕСОК ХЕРСОНСЬКОГО ДОСЛІДНОГО ПОЛЯ У
ІСТОРІЮ УКРАЇНСЬКОЇ НАУКИ ТА МЕТОДИКУ
НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН**

Фесенко П. О.

Національна наукова сільськогосподарська бібліотека
Національної академії аграрних наук України

E-mail: pavlophesenko@gmail.com

Херсонське дослідне поле – одне із найстаріших дослідних установ півдня. Воно було створене на базі Херсонського сільськогосподарського училище та дало вагомий поштовх до розвитку агрономічної науки й визначило долю сільськогосподарської дослідної справи у південній Україні.

У 1889 році викладачем рослинництва К. Тарховим була розроблена доповідь «Значение опытных полей и проект организации опытного поля при Херсонском земском сельскохозяйственном училище», представлена черговому Херсонському земському зібранню. 22-го жовтня 1889 року губернським земським зібранням доповідь вченого була прийнята і затверджена. Цю дату можна вважати за початок організації Херсонського дослідного поля. Повністю Херсонське дослідне поле почало функціонувати з 1891 року [1].

Херсонське дослідне поле розташоване на найбільш посушливій зоні степового півдня України. У 1898 році агроном

Фелікс Яновчик був призначений на посаду завідувача Херсонського земського дослідного поля. І саме на період роботи вченого на цій посаді припадає розквіт потенціалу, можливостей та результативність діяльності поля.

У 1898–1899 роках проводилися агрономічні дослідження, під час яких випробовували вплив різних видів добрив на врожайність зернових культур. Зокрема, вченими було протестовано:

1. контрольна ділянка без добрив;
2. ділянка, удобрена гноєм;
3. ділянка із зеленим добривом (внесення сочевиці, яка була заорана в ґрунт);
4. ділянка з фосфорнокислими добривами.

Найвищу врожайність несподівано показала саме контрольна ділянка, тобто та, на якій не використовували жодного добрива. Особливо помітним виявилось негативне явище при використанні гною – урожай знизився на 37% (на 8 пудів менше), що було також зафіксовано раніше. Дослідники пояснили це тим, що у посушливі роки внесення гною викликає «вигорання» хліба. На початку сезону рослини виглядають сильнішими завдяки додатковому живленню, але швидко випаровування вологи через активніше зростання і нестача дощів у майбутньому призводять до загибелі врожаю.

У результаті, вчені вирішили припинити ці досліді, адже вони не показали дійсно позитивного впливу на врожайність, а на певних ділянках виявилися навіть шкідливими. Проте, отримані результати можна вважати раннім свідченням необхідності враховувати не лише тип добрива, але й погодні умови, особливості ґрунту та здатність утримувати вологу. Тому можна стверджувати, що Херсонське поле стало місцем проведення одних із перших систематичних дослідів з добривами, сівоzmіною та зрошенням.

Дослідження впливу гною, зелених добрив та мінеральних речовин дали практичні рекомендації для аграріїв південного регіону. Вченим вдалося зібрати цінний матеріал щодо впливу посушливих умов на врожайність, що стало основою для адаптації сільськогосподарських технологій до умов степу. Саме тому сучасна агрономія враховує подібні фактори при плануванні

живлення культур.

Крім того, на початку 1990-х років Херсонське дослідне поле продовжувало активно розвиватися як осередок аграрних експериментів того часу. Цього разу особливу увагу вчені приділили вивченню умов проростання зернових культур. Для цього часу зазвичай застосували шість різних способів обробки ґрунту й посіву озимих. Це дозволило комплексно проаналізувати, як різні підходи впливають на розвиток рослин. Саме у цей час Ф. Яновчик розробив удосконалену програму дослідів, яка враховувала нові виклики, що виникли у місцевому сільському господарстві. Підхід дослідника був дуже системним і передовим для свого часу. Основними нововведеннями на той час у програмі стали: 9-типільна система сівозміни з травами, посів озимих культур у міжряддях кукурудзи, вивчення беззмінного посіву зернових культур, що дало можливість вивчити, як частота обробки ґрунту впливає на врожайність у довгостроковій перспективі, а також численні сортові дослідження.

Херсонське дослідне поле стало платформою для розширення проведення лабораторних досліджень. В лабораторіях аналізували ґрунти, мікроклімат та водний режим, що дозволило науковцям отримувати більш точні результати. З часом дослідне поле стало не лише дослідним, але й освітньо-методичним центром, де проходили стажування молоді спеціалісти аграрної галузі. Всі дієві та результативні методики відразу застосовували на практиці, що сприяло не тільки підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, а й формуванню стабільної моделі сталого землеробства для посушливих регіонів.

Херсонські досліді стали важливим прикладом впровадження дослідницького підходу в навчальний процес. Адже саме дослідне поле заклало фундамент для становлення наукових кадрів – тут працювали видатні вчені, що згодом внесли вагомий вклад у розвиток аграрної науки в Україні. Учні і студентів залучали до реальних спостережень, аналізу результатів, що формувало у них науковий світогляд. Крім того, завдяки діяльності Херсонського дослідного поля вдалося налагодити тісну співпрацю між наукою та практикою, що зробило його унікальним прикладом інтеграції освітніх, наукових

і виробничих процесів. Таким чином, воно стало справжньою школою для кількох поколінь аграріїв. На основі херсонських досліджень почали створювати підручники, посібники й методичні рекомендації, що сприяло оновленню змісту шкільної природничої освіти.

Таким чином, Херсонське дослідне поле – це не лише джерело цінної агрономічної інформації, а й символ інтеграції науки, освіти та практики в умовах українського степу. Завдяки поєднанню польових експериментів, лабораторних досліджень та педагогічних методик, це поле стало прикладом ефективного використання наукових знань у сільському господарстві. Сформовані тут підходи сприяли популяризації наукового мислення серед молоді, підвищенню кваліфікації спеціалістів та розвитку освітніх програм у природничій галузі.

Сьогодні досвід Херсонського дослідного поля є важливим історичним та науковим надбанням, що заслуговує на подальше вивчення й відтворення у практиці сучасної аграрної освіти та науки. Він доводить, що сталий розвиток сільського господарства неможливий без глибоких наукових досліджень, тісного зв'язку з освітою та впровадження інновацій на рівні щоденної аграрної праці. Діяльність Херсонського дослідного поля заклала підґрунтя для сучасного підходу до викладання природничих наук – через дослідницьку діяльність, спостереження та критичне мислення.

Список літератури

1. Коломієць Н.Д Вчений агроном, піонер з дослідної справи на півдні України, популяризатор сільськогосподарських наук Ф. Б. Яновчик (1867-1926). *ІСТОРИЧНІ ЗАПИСКИ: Збірник наукових праць Випуск 30*, с.74-79.

**ОСВІТНЬО - НАУКОВИЙ ПРОЄКТ КНУТД
«СТЕЖКАМИ ВИДАТНИХ ЗЕМЛЯКІВ-НАУКОВЦІВ»
ДО 125-ЛІТТЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ
ФЕОДОСІЯ ДОБРЖАНСЬКОГО ГРИГОРОВИЧА**

Щербатюк Т. Г., Букорос Т. О.

Київський національний університет технологій та дизайну,
Київ, Україна

E-mail: shcherbatiuk.th@knutd.edu.ua; bukoros.t@knutd.edu.ua

Автор чотиритомної книги «Нехай не гасне світ науки», Василь Андрійович Шендеровський, професор, доктор фізико-математичних наук, подарувавши нам нариси про видатних українських вчених, які створили вагомий доробок до скарбівні світової науки, вважає, «що без набутків наших видатних земляків світова історія й культура є неповними. Бо тільки пам'ять має майбутнє, тільки народ, який знає свою історію позбавлений перспективи стати народом сліпців» [3]. Василям Андрійовичем започатковано авторську програму «Нехай не гасне світ науки», яку він вів п'ять років поспіль разом з журналісткою Еммою Антонівною Бабчук на першому каналі Українського національного радіо. За майже понад 20 років своєї активної діяльності в галузі історії науки автор відвідав десятки закладів освіти, несучи правду про науковців, імена яких в Україні не були відомі з багатьох причин: одні піддавалися гонінню і навіть фізичному знищенню більшовицькою владою – «врагі народа», інші емігрували – «невозвращенци», тому в радянські часи замовчувалися. Але, як ми спостерігаємо, за 30 років не повернули жодного імені генетика: ми не знайдемо ані пам'ятної дошки, ані назви вулиці на батьківщині, наприклад, засновника цитогенетики, Григорія Андрійовича Левитського, який 101 рік тому видав «Матеріальні основи спадковості» – книгу, що є першим підручником з цитогенетики; з нею виросли всі покоління генетиків країни ХХ ст., а світ прийняв поняття та терміни автора [4]; або Феодосія Григоровича Добржанського, засновника експериментальної і популяційної генетики, одного із засновників синтетичної теорії еволюції [1].

Феодосій Григорович Добржанський – відомий в світі науки як основоположник американської школи популяційної

генетики, один з фундаторів синтетичної теорії еволюції. Одна зі статей Ф. Г. Добржанського «Про географічну й індивідуальну мінливість *Adalia bipunctata* та *A. decempunctata*», стала вихідною точкою в розвитку геногеографії та аналізу зміщень частот поліморфних ознак у географічних популяціях, інші, зокрема «Про будову статевого апарату деяких мутантів *Drosophila melanogaster*», – задали вектор у вивченні механізмів репродуктивної ізоляції генетично відмінних форм. Ці та подібні праці були провісниками розвитку синтетичної теорії еволюції, як синтезу генетики, морфології та філогенетики, а по суті – синтезу менделізму та дарвінізму [1].

В енциклопедії сучасної України (<https://esu.com.ua/article-22367>) стаття Д. М. Голди «Феодосій Григорович Добржанський» інформує, що Добржанський запропонував концепцію статевого розмноження і видоутворення; визначив роль природного добору в процесах мікроеволюції; встановив, що різні види можуть містити ідентичні гени. Описав явище плейотропії; застосувавши транслокацію між другою і третьою хромосомами *Dr. melanogaster*, продемонстрував лінійне розташування генів у хромосомах; побудував перші цитологічні карти 2-ї, 3-ї і 4-ї хромосом *Dr. melanogaster*. Пропагував у США досягнення радянської генетики 20–30-х рр., зокрема за редакцією Феодосія Григоровича Добржанського англійською мовою видано книгу «Фактори еволюції (Теорія стабілізуючого відбору)» І. Шмальгаузена, у його перекладі – праці С. Четверикова, Почесного докторар низки університетів США, Німеччини, Австралії, Італії та інших країн, Голови Товариства генетики США (1941), Американського товариства природознавців (1950), зоологів (1963). Його праці перекладено французькою, німецькою, італійською, шведською, арабською та іншими мовами [1].

Феодосій Григорович Добржанський (25.01.1900 – 18.12.1975) народився 125 років тому в м. Немирів, нині Вінницької області. Закінчив Київський університет (1921). Працював викладачем зоології агрономічного факультету Київського політехнічного інституту (<https://esu.com.ua/article-22367>). Пройдемо стежками вченого по українські землі, чи побачимо ми ознаки того, що його тут пам'ятають, пишаться

величчю наукового доробку в ювілейний рік? На превеликий жаль, ні...

Другий рік поспіль ініціативна група дослідників Київського національного університету технологій та дизайну розвиває сміливу за своєю новизною, але очевидну за власними можливостями та вимогами часу нову форму представлення та поширення науково-культурної інформації, насамперед для студентської молоді, а також для максимально широкого кола учасників.

Експедиція до батьківщини Феодосія Григоровича Добржанського, в Немирів, на жаль, встановила відсутність зацікавленості з боку адміністрації міста, та на щастя, небайдужість місцевих самородків, діамантом серед яких є Микола Федорович Денисенко, педагог (учитель біології, хімії і географії), журналіст, член спілки журналістів України (з 2000 року), краєзнавець-дослідник, етнограф, письменник, поет, поет-пісняр (літературний псевдонім – Микола ДЕНІС), лауреат літературно-мистецької премії імені Марка Вовчка (2013), спеціаліст-експерт з культурної спадщини, туристичної та музейної справ.

Ми з оптимізмом розглядаємо перші результати співпраці – Микола Денисенко прийняв наше запрошення до участі у семінарі «Міжнародний день ДНК – 2025», присвяченому 125-річчю з дня народження Добржанського Феодосія Григоровича, який відбудеться в КНУТД 25 квітня 2025 року. Тема доповіді, з якою краєзнавець планує вперше познайомити спільноту нашого закладу: «Рід Добржанських XVIII – XX ст. Місто Немирів – батьківщина Феодосія Григоровича Добржанського». Є можливість зануритись в історію, але чи вистачить сил поширити історію у сьогодення: розробити маршрут, пов'язаних із життєписом ученого; створити арт-об'єкт, зацікавити світове товариство біологів на Добржаський – фест до Немирів, час покаже.

Список літератури

1. Голда Д. М. Генетика. Історія. Відкриття. Персоналії. Терміни. Київ: Фітосоціоцентр. 2004. 128 с.
2. Торяник В. М. Творчі портрети українських науковців в історичному поступі генетики у XX-му столітті (до 200 -ї

- річниці зо Дня народження Грегора Йогана Менделя). С. 680–726. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-289-0-3/>
Розділ у колективній монографії SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL DIMENSIONS OF NATURAL SCIENCES. Categories Natural sciences. Monographs Published. March 7, 2023 DOI <https://doi.org/10.30525/978>)
3. Шендеровський В. А. Нехай не гасне світ науки: книга перша. Київ: ВД «Простір, 2009. 416 с.
 4. Щербатюк Т. Г., Букорос Т. О. До століття з дня видання «Матеріальних основ спадковості» Григорія Андрійовича Левитського. / Матеріали VIII Міжнародна науково-практичної конференція «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2024» С. 434-437.

УДК 581.9 (477.83)

**ГЕРБАРІЙ ТНПУ: ВІД ЗАСНУВАННЯ ДО СЬОГОДЕННЯ
(ДО 85-РІЧЧЯ УНІВЕРСИТЕТУ І ХІМІКО-БІОЛОГІЧНОГО
ФАКУЛЬТЕТУ)**

Яворівський Р. Л., Москалюк Н. В., Теодозів В. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: forik-botan@i.ua

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка (ТНПУ) та його невід’ємна складова – хіміко-біологічний факультет цьогоріч відзначають знаменний 85-річний ювілей. Університет та факультет пишаються не лише науковими здобутками та видатними випускниками, а й унікальними колекціями, які становлять безцінний ресурс для розвитку освіти та прикладних біологічних досліджень. Серед них особливе місце посідає навчальна лабораторія морфології та систематики рослин – «Гербарій» кафедри ботаніки та зоології – мовчазний свідок еволюції флори, який зберігає історію рослинного світу нашого регіону та становить важливу спадщину для майбутніх поколінь науковців. Як зауважив Карл Лінней «Гербарій більш вагомий від усякого малюнка: малюнок можна повторити, віддрукувати, розмножити, зберегти копію, а гербарій – ні, він неповторний» [4, с. 95].

Упродовж багаторічної історії Гербарій ТНПУ відіграв важливу роль у забезпеченні навчального процесу та проведенні наукових досліджень на природничому, а з 1997 року – хіміко-біологічному факультеті. Гербарій є незамінною базою для проведення практичних і лабораторних занять за курсами морфології та систематики рослин, гербології та фітоценології. Саме тут студенти мають унікальну можливість ознайомитися з різноманіттям рослинного світу, освоїти методи гербаризації та колекційної роботи, а також розвинути навички ідентифікації рослин. Зібрані протягом десятиліть гербарні зразки є цінним матеріалом для підготовки курсових і дипломних робіт, а також для проведення самостійних наукових досліджень [2].

Історія гербарної справи на Тернопіллі бере початок із XIX століття та безпосередньо пов'язана із заснуванням у 1805 році в місті Кременець Вищої Волинської гімназії. У межах цієї установи викладач природничої історії та директор ботанічного саду Віллібальд Бессер, усвідомлюючи значення наочного навчального й наукового матеріалу, започаткував гербарну колекцію, що згодом стала основою гербарію Кременецького ліцею. Зібрана ним колекція охоплювала флору Австрії, Галичини та інших регіонів. У 1834 році, після переїзду до Києва, Бессер продовжив роботу в якості професора кафедри ботаніки Університету святого Володимира та керівника Ботанічного саду. Після його смерті гербарій було придбано Київським університетом у спадкоємців за 832 рублі сріблом. У 1920 році, за ініціативи академіка О. В. Фоміна, колекцію передано до Академії наук України. Нині вона зберігається в Інституті ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України та залишається цінним джерелом для дослідження флори й рослинності України [1].

У 1940 році в місті Кременець, на базі колишнього Кременецького ліцею, було створено Кременецький державний учительський інститут. Відродження гербарної справи на факультеті пов'язується з 1950 роком, коли заклад було реорганізовано та перейменовано на Кременецький державний педагогічний інститут, у структурі якого засновано кафедру ботаніки.

Новітній етап розвитку гербарної справи у навчальному

закладі розпочався у 1977 році вже у Тернополі, коли для гербарію було виділено окреме приміщення площею 36 м². Відтоді гербарні фонди систематично поповнювалися завдяки зусиллям викладачів-ботаніків: В. О. Шиманської, Б. В. Заверухи, С. В. Зелінки, Н. Д. Шанайди, Р. Л. Яворівського та ін.

Проте, лише у 1991 році штатним розписом навчального закладу було передбачено посаду завідувача гербарієм. Першою завідувачкою гербарію кафедри ботаніки стала Н. В. Мшанецька, яка обіймала цю посаду у 1991–1995 роках. У 1996–2001 роках обов'язки завідувачки виконувала М. І. Шанайда, у 2002–2006 роках – Р. Л. Яворівський, у 2006–2016 роках – Н. В. Москалюк. Із 2016 року й дотепер гербарій очолює Р. Л. Яворівський. З 1 січня 2010 року гербарію надано новий статус – «Навчальна лабораторія морфології та систематики рослин – гербарій».

Нині Гербарій ТНПУ (<https://elr.tnpu.edu.ua/enrol/index.php?id=1488>) презентує собою значний науковий фонд, котрий налічує близько 35 000 гербарних аркушів, які відображають флористичне різноманіття Західного Поділля. Особливу наукову цінність становлять колекції рідкісних, зникаючих та ендемічних видів. Кожен гербарний аркуш є не лише зафіксованим фрагментом рослинного світу, а й ретельно задокументованим об'єктом дослідження, який дозволяє простежити динаміку змін у флорі, виявити шляхи поширення інвазійних видів, а також оцінити наслідки антропогенного впливу на рослинні угруповання.

Гербарій кафедри ботаніки та зоології внесено до переліку гербаріїв *Index Herbariorum Ucrainicum*, який веде Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України (zareєстровано під акронімом TERN* (http://herbarium.org.ua/uk/herb_1show.php?id=34)). Його структура включає три основні секції: науковий гербарій, навчальний гербарій та обмінний фонд [3].

Для впорядкування наукового гербарію були застосовані такі основні принципи:

- 1) родини розміщено відповідно до філогенетичної системи *Magnoliophyta* за А. Л. Тахтаджяном;
- 2) види та роди у межах родин розташовані за абеткою;
- 3) гербарії регіональних флор розподілені за геолого-

морфологічними районами.

Науковий гербарій включає фондовий, що зберігається у дев'яти шафах: гербарій регіональних флор розміщено у трьох шафах, гербарій фондів авторських (іменних) колекцій – у шести. Навчальний гербарій займає шість шаф, обмінний – одну.

Зокрема, фондовий відділ гербарію налічує близько 22 000 гербарних аркушів, серед яких найповніше представлено флору геоботанічних регіонів Західної України, Карпат і Криму. Крім того, у його структурі містяться зразки судинних рослин із територій Польщі, Болгарії, Естонії, Грузії, Азербайджану, Індії, М'янми (Бірма), Японії тощо.

Відділ регіональних флор містить цінні колекції з природоохоронних територій, зокрема із заповідника «Медобори» (1340 зразків) та Голицького ботанічного заказника (783 гербарні аркуші). Особливу наукову цінність становлять численні рідкісні, ендемічні та реліктові види, серед яких понад 100 занесено до *Червоної книги України. Рослинний світ* (2009).

Відділ фондів авторських колекцій включає зібрання В. О. Шиманської, Б. В. Заверухи, С. В. Зелінки, Н. В. Мшанецької і налічує 6850 гербарних аркушів, серед яких 288 – представники видів, занесених до *Червоної книги України*.

Навчальний гербарій, що налічує близько 10 000 гербарних аркушів, включає морфологічну та систематичну колекції, які активно використовуються під час лекційних і лабораторно-практичних занять з морфології рослин, систематики рослин, декоративної дендрології та спеціальних курсів із циклу біологічних дисциплін.

Обмінний фонд гербарію налічує близько 700 гербарних зразків і слугує інструментом для розвитку наукової співпраці кафедри ботаніки та зоології шляхом обміну матеріалами з іншими науковими установами та навчальними закладами України [5].

З плином часу Гербарій ТНПУ не лише зберігає свою історичну та наукову цінність, але й активно розвивається та модернізується. Його колекції постійно поповнюються новими зразками, розширюється географічне охоплення, впроваджуються сучасні методи обліку й каталогізації. Важливим етапом у подальшому розвитку стане оцифрування гербарних матеріалів,

що відкриє нові можливості для науковців і студентів, забезпечуючи зручний і швидкий доступ до унікальної інформації в онлайн-режимі, а також сприятиме міжнародній науковій співпраці та обміну даними.

Список літератури

1. Барна М. М., Москалюк Н. В. Науковий гербарій Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. *Гербарій України. Index Herbariorum Ucrainicum*. Київ, 2011. С. 266–269.
2. Москалюк Н. В. Гербарій кафедри ботаніки та його значення у підготовці магістрів біології. *Матер. XIII з'їзду Українського ботанічного товариства* (Львів, 19–23 верес. 2011 р.). Львів, 2011. С. 477.
3. Москалюк Н. В. Електронна база даних гербарію кафедри ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. *Дослідження флори і фауни Західного Поділля: матер. регіон. наук.-практ. конф.* (с. Гутисько, Бережанський р-н, Тернопільська обл., 6–7 трав. 2008 р.). Тернопіль : Вид-во ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2008. С. 66.
4. Нариси історії хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка / Барна М. М та ін.; за ред. М. М. Барни. Тернопіль : Підручники і посібники, 2010. 312 с. : іл.
5. Наталія Москалюк, Руслан Яворівський. Роль гербарію Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (TERN*) у розвитку сучасної науки. *Бессерівські природознавчі студії* : зб. матер. II Міжнар. наук. конф. (Кременець, 24–25 верес. 2024 р.). Кременець : КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. С. 44–46.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Матеріали

**ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ
ЧИТАННЯ –**

TERNOPIL BIOSCIENCE – 2025

**IX Міжнародна науково-практична конференція,
присвячена 85-річчю хіміко-біологічного
факультету ТНПУ (1 – 2 травня 2025 р., м. Тернопіль)**

Макет і комп'ютерна верстка: В. О.Хоменчук

Підписано до друку 25. 06. 2025 р.

Формат 60х 84/16. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний 70 г/м². Друк електрографічний.

Умов.-друк. арк. 12,90. Обл.-вид. арк 10,30.

Тираж 100 примірників. Замовлення № 04/18/1-26.