ТНПУ

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира ГНАТЮКА

ХІМІКО-БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ТНПУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА

ХІМІКО-БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Тернопільські біологічні читання

Ternopil Bioscience

- 2026 -





ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ ЧИТАННЯ –

TERNOPIL BIOSCIENCE – 2026

Тернопіль

2026

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний педагогічний
університет імені Володимира Гнатюка
хіміко-біологічний факультет

Trencianska univerzita Alexandra Dubceka v Trencineta,
Slovakia

Люблінська Вища Школа в Риках
Lubelska Szkoła Wyższa w Rykach, Poland

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

Громадська організація «Галицька екологічна асоціація»

УДК 57:502.1 (06)
Т 35

Редакційна колегія

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

Затверджено до друку

вченою радою Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка від 27.10.2026 р. (протокол № 3)

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

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2026»

У збірнику висвітлено результати наукових досліджень з актуальних питань експериментальної ботаніки, фізіології рослин, мікробіології, біології та екології тварин, анатомії, фізіології та здоров'ю людини, а також біохімії, молекулярної біології, генетики та біотехнологій. Окрему увагу приділено проблемам гідробіології, охорони природи, раціонального природокористування, хімії довкілля, біоактивних сполук, а також історії науки та методиці навчання природничих дисциплін.

© Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2026
© Автори тез доповідей, 2026
© Вектор, 2026

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

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА БОТАНІКА, ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН ТА МІКРОБІОЛОГІЯ 18

THE GROWTH OF TOBACCO PLANTS (*Nicotiana tabacum* L.) UNDER CONDITIONS OF WATER DEFICIT 18

Bronnikova L. I.

***CAMPYLOPUS SUBULATUS* SCHIMP. EX MILDE – НОВИЙ СПІВЧЛЕН БРІОФЛОРИ УКРАЇНИ 20**

Вірченко В. М.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ НАСІННЯ *LENS CULINARIS* MEDIK. КОМПОЗИЦІЯМИ НА ОСНОВІ БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ І ПРОТРУЙНИКА ЛАЙВІТ 21

Козак В. О., Пида С. В.

ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ АДГЕЗІЇ У КЛІНІЧНИХ ШТАМІВ *S. AUREUS* 25

Кравець Н. Я., Шевченко М. В., Царенко Т. М., Климнюк С. І.

АКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ЗА УМОВ ПОСУХИ ТА ПОНОВЛЕННЯ ПОЛИВУ 27

Соколовська-Сергієнко О. Г., Кірізій Д. А., Стасик О. О.

РОСЛИНИ-АЛЕРГЕНИ В УРБАНОФЛОРІ МІСТА ТЕРНОПІЛЬ 30

Дарморіз Н. Б., Герц Н.В.

ВИКОРИСТАННЯ ALLIUM-TEST ДЛЯ ОЦІНКИ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ГЕРБІЦИДІВ 33

Овсяк Р. І., Крижановська М. А.

НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНІ ХВОРОБИ РІПАКУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ 36

Славецька І. О, Мацюк О. Б.

НУТ ЗВИЧАЙНИЙ ЯК МОДЕЛЬНИЙ ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ СОЛЕСТІЙКОСТІ У РОСЛИН З НАВЧАЛЬНОГО ПРЕДМЕТУ «БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ » 37

Замойська І. М., Пида С. В.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДІВ РОДИНИ *FABACEAE* У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМИ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ 41

Пида С. В., Шуль О. Т., Опацький І. І., Сем'янів М. Б.

ВПЛИВ СИНТЕТИЧНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ПАРАМЕТРИ ФОТОХІМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ФОТОСИСТЕМИ ІІ У КУКУРУДЗИ СОЛОДКОЇ.....45

Рогач В. В., Мазуркевич А. Я.

ОСОБЛИВОСТІ МОРФОФІЗІОЛОГІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ЩЕПЛЕНИХ РОСЛИН *CITRULLUS LANATUS* В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....48

Кравець М. Я., Грицак Л. Р.

ФАКТОРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ.....52

Москалюк Н. В., Ковальчук М. О., Поріцький О. М.

АНАЛІЗ РАРИТЕТНОЇ ФРАКЦІЇ ФЛОРИ ГОЛИЦЬКОГО БОТАНІЧНОГО ЗАКАЗНИКА ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ 55

Яворівський Р. Л., Семенюк К. Р., Яворівський А. Р.

РОЗДІЛ 2. БІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН 60

СТРУКТУРНІ ПЕРЕБУДОВИ ТАКСОЦЕНІВ КОЛЕМБОЛ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННО ЗМІНЕНИХ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ.....60

Аторвін О. І., Капрусь І. Я.

БІОЛОГІЯ, ПОШИРЕННЯ ТА АДАПТАЦІЇ ЦИТРИНЦЯ (*GONEPTERYX RHAMNI*) В УКРАЇНІ.....63

Голіней Г. М., Різун В. Б., Прокоп'як М. З.

ВИДИ ЗЕМНОВОДНИХ І ПЛАЗУНІВ, ЩО ОХОРОНЯЮТЬСЯ БЕРНСЬКОЮ КОНВЕНЦІЄЮ, НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ».....66

Слободян Р. М.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ОРНІТОУГРУПОВАНЬ ТОВТРОВИХ СХИЛІВ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА

«МЕДОБОРИ» У ГНІЗДОВИЙ ПЕРІОД 69

Капустинський А. І.

ЦИРКАДНІ РИТМИ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ БИЧКА-КРУГЛЯКА *NEOGOBIUS MELANOSTOMUS* (PALLAS, 1814) ЗА УМОВ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....73

Караванський Ю. В., Заморов В. В., Леончик В.Є.

ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ ОРНІТОФАУНИ ДЕНДРАРІЮ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА 76

Шевчик Л. О., Глинська О. М.

ВИДОВИЙ СКЛАД ОРНІТОФАУНИ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА ДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ «ЗАМГЛАЙ».....79

Федун О. М., Осьмачко О. М., Граб С. М.

РОЗДІЛ 3. АНАТОМІЯ, ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ..82

АДИТИВНИЙ ВПЛИВ ВІЙСЬКОВО-РЕЛЕВАНТНОГО ПОСТТРАВМАТИЧНОГО СТРЕСОВОГО РОЗЛАДУ ТА НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦІЇ НА ГОМЕОСТАЗ ГЛЮКОЗИ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ) 82

Михейцева І. М., Кузнецов М. К., Коломійчук Т. В., Сіроштаненко Т. І., Сторожук Н. В.

ВЕГЕТАТИВНА РЕГУЛЯЦІЯ ТА АДАПТАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ НА ТЛІ НАБУТОЇ КОРОТКОЗОРОСТІ 85

Івасенко А. Ю., Шейко В. І.

КЛІТИННО-МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ УЧАСТІ НЕЙТРОФІЛІВ У ПАТОГЕНЕЗІ ЗАПАЛЕННЯ 89

Волошин О. С., Шейко В. І., Волошин В. Д., Сморщок Ю. С., Стрельцова В. В.

THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM ITS INFLUENCE OF SALIVA MICROCRYSTALLISATION DURING ADAPTATION TO PHYSICAL EXERCISE 92

Sutormin D. O., Sheiko V.I.

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ

ОРГАНІЗМУ ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ 95

Волошин О. С., Вільгоцька М. В., Гуменюк Г. Б.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ ДИСПЕПСІЇ ТА СПК 99

Семенюк М-Д. П., Сяська І.О.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ІМУННОГО СТАТУСУ СПОРТСМЕНІВ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ 102

Манжай Ю. А.

ТИПИ ВНД ТА МІКРОКРИСТАЛІЗАЦІЙНА

КАРТИНА СЛИНИ 104

Шейко В. І., Коломойцев М.

IMPACT OF IMMUNOSTIMULATION ON THE PROCESSING OF STIMULI ADDRESSED TO THE FIRST AND SECOND SIGNAL SYSTEMS AGAINST THE BACKGROUND OF ACQUIRED HIGH-DEGREE MYOPIA.....106

Sheiko V., Voloshyn O., Streltsova V.

ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТРЕСУ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ 109

Глазков Е. О., Зєлєнін Д. В.

ОСОБЛИВОСТІ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ У СТУДЕНТОК РІЗНИХ ФАКУЛЬТЕТІВ НА ПОЧАТКОВОМУ ЕТАПІ НАВЧАННЯ.....112

Гулька О. В., Грабик Н. М., Грубар І. Я., Омельяненко В. Г.

ВПЛИВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ТРЕНІНГУ НА СЕРЦЕВУ-СУДИННУ ДІЯЛЬНІСТЬ ЛЮДИНИ.....116

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

ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ ЛЕЙКОЦИТАРНОЇ ФОРМУЛИ ЗА ВЛИВУ ПСИХОСОЦІАЛЬНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА.....120

Карнаушенко Д. П.

КОМПЛЕКСНА ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ ТРАВМАТИЧНОЇ АМПУТАЦІЇ НИЖНІХ КІНЦІВОК 122

Бучок М. М., Дерека Т. Г.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕЙПІВ У РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ПРОГРАМАХ ПРИ ДИТЯЧОМУ ЦЕРЕБРАЛЬНОМУ ПАРАЛІЧІ 123

Дерека Т. Г., Шейко В. І.

PATHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF SPINOCEREBELLAR ATAXIA TYPE 1 125

Dereka T. H.

COMPLEX PHYSICAL REHABILITATION IN POST-STROKE PATIENTS 127

Sknypa D., Dereka T.

IMMUNOREGULATORY INDEX CD4+/CD8+ IN PERSONS AGE 18-20 UNDER MARTIAL LAW 129

Sokolenko V. L., Sokolenko S. V.

РОЗДІЛ 4. БІОХІМІЯ ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ 131

THE EFFECT OF ZINC AND RARE EARTH ELEMENTS ON METALLOTHIONEIN IN BIVALVE MOLLUSC *IN VITRO*.....131

Nemerko M., Yunko K., Stoliar O.

COMPARATIVE STUDY OF THE REDOX HOMEOSTASIS IN FRESHWATER AND MARINE BIVALVE MOLLUSCS UNDER THE EFFECT OF NOVEL MICROPOLLUTANTS.....133

Yunko K., Khoma V., Martyniuk V., Gnatyshyna L., Nemerko M., Slobodianiuk A., Havryshkiv V., Karitonas R., Gylytė B., Manusadžianas L., Impellitteri F., Multisanti C. R., Faggio C., Stoliar O.

МУЛЬТИСИСТЕМНІ МЕТАБОЛІЧНІ ПОРУШЕННЯ У *DANIO RERIO* ЗА ВПЛИВУ МЕТАЛІВ МІЛІТАРНОГО ПОХОДЖЕННЯ 136

Горин О. І., Гладчук М. М., Боднар О. І.

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ МІКРОГРІНУ *HELIANTHUS ANNUUS L.*, *RAPHANUS SATIVUS L.* І *PISUM SATIVUM L.* НА ДІЮ $CuSO_4$.....140

Білак А. В., Вакерич М. М., Гасинець Я. С., Глюдзик-Шемота М. Ю., Вакерич Д. М., Булина Р. В.

USING OF ALUMINOSILICATES FOR REDUCE THE TOXIC EFFECTS OF XENOBIOTICS IN ORGANISM OF ANIMALS 143

Kalinin I. V., Hrubinko V. V., Karpovskyi V. I.

СКЛАД ЖИРНИХ КИСЛОТ М'ЯЗІВ КАРАСЯ ТА ЩУКИ ЗА ДІЇ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ 144

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

ВПЛИВ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КАДМІЮ НА ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД БІЛКІВ ПЛАЗМИ КРОВІ КАРАСЯ ТА ЩУКИ 147

Петрушка Б. М., Любович О. Є., Хоменчук В. О., Курант В. З.

ПОЛИН-ЕСТРАГОН: МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОЦІНКИ АНТИОКСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ 151

Жмурко М. О., Любинський О. І.

БІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ФУНКЦІЇ ВОДИ 155

Патика В. П.

РОЗДІЛ 5. ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ 158

ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО РЕЖИМУ *SENECIO BESSERIANUS* MINDER. (ASTERACEAE) В УМОВАХ КУЛЬТУРИ *IN VITRO* 158

Сташків І. П., Прокоп'як, М. З., Колісник Х. М., Метельська І. С., Дробик Н. М.

OPTIMIZATION OF COTTON INTRODUCTION INTO *IN VITRO* CULTURE AND PROSPECTS OF THE METHOD FOR THE DEVELOPMENT OF COTTON PRODUCTION IN UKRAINE 161

Demydenko V. A., Tesliuk N. I., Zambriborshch I. S., Shestopal O. L.

ТЕХНОЛОГІЯ БІОСИНТЕЗУ БІОФУНГІЦИДІВ НА ОСНОВІ *TRICHODERMA*.....164

Алієва А., Грецький І. О.

ВИДІЛЕННЯ МЕТАГЕНОМНОЇ ДНК БАКТЕРІЙ, АСОЦІЙОВАНИХ ІЗ МОРСЬКИМИ МАКРОВОДОРОСТЯМИ, ЯК

ПІДХІД ДО ПОШУКУ МІКСОБАКТЕРІЙ – ПРОДУЦЕНТІВ АНТИМІКРОБНИХ СПОЛУК 166

Іваніца В. Ю., Залеська М. А., Лісютін Г. В., Чабан М. М., Страшнова І. В.

ВПЛИВ СЕЗОННОСТІ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ТА РІСТ РОСЛИН ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L. В КУЛЬТУРІ *IN VITRO* 169

Колісник Х. М., Грицак Л. Р., Прокоп'як М. З., Дробик Н. М.

ОСОБЛИВОСТІ ІНДУКЦІЇ КАЛЮСОГЕНЕЗУ З РІЗНИХ ТИПІВ ЕКСПЛАНТІВ *CENTAURIUM ERYTHRAEA* RAFN. ТА *CENTAURIUM PULCHELLUM* (SW.) DRUCE 173

Кравченюк Є. Я.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОТРИМАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬТУРИ *IN VITRO* РОСЛИН РОДУ *ARNICA* L.....175

Тарас Ю. М.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ТА ОРГАНІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У ЗНИЖЕННІ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТІВ РІЗНОГО СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ 179

Щерба С. І., Колісник Х. М., Бойко Д. А., Грицак Л. Р.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН.....182

Старанчук В. С., Федорчак Д. А., Мохнацький О. С., Грицак Л. Р.

ОСОБЛИВОСТІ ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* РІДКІСНОГО ВИСОКОГІРНОГО КАРПАТСЬКОГО ВИДУ *PRIMULA MINIMA* L. 186

Гончарська М. С., Метельська І. С., Грицак Л. Р., Колісник Х. М.

ОЦІНКА ВПЛИВУ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ РОСЛИН *IN VITRO* РІДКІСНОГО ВИДУ *GENTIANA ACAULIS* L. 190

Метельська І. С., Колісник Х. М., Грицак Л. Р.

РОЗРОБКА ПІДХОДІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИН ВИДУ *ASTER ALPINUS* L. В КУЛЬТУРІ *IN VITRO* 193

Бурин С. Р., Сорока О. В., Прокоп'як М. З., Дробик Н. М.

ОТРИМАННЯ КАЛЮСНИХ КУЛЬТУР РОСЛИН ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L. 195

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

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF INDUCTION MEDIA IN ANTHER CULTURE OF BREAD WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.).....198

Shestopal O. L., Zambriborshch I. S., Afinogenov O. A., Chekalova M. S., Traskovetska V. A.

КЛІТИННІ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ 200

Коробка І. О., Лагутіна Ю. О., Щербатюк Т. Г.

РОЗДІЛ 6. ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ.....204

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЗЕЛЕНИХ НИТЧАСТИХ ВОДОРОСТЕЙ ДЛЯ БІОМОНІТОРИНГУ ТА ОЧИЩЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ.....204

Пасічна О. О., Платонов М. О., Годлевська О. О.

«АЛЬГОЛОГІЗАЦІЯ» ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ХЛОРЕЛОЮ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ БОРОТЬБИ З СИНЬО-ЗЕЛЕНИМИ ВОДОРОСТЯМИ, ЗАПОБІГАННЯ «ЦВІТІННЯ» ТА ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДОЙМИ.....207

Грубінко В. В., Калінін І. В., Чвалюк Г. В., Корнієнко А. Ю.

ОЦІНКА БІОІНДИКАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ *ACORUS CALAMUS* ТА *TYPHA LATIFOLIA* ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ВОДІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА.....213

Корнієнко А. Ю., Грубінко В. В.

ТАКСОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРОФІТОБЕНТОСУ МАЛИХ РІЧОК МЕГАПОЛІСУ.....216

Ларіонова Д. П.

ОСНОВНІ ВИДИ МІКРОФІТОБЕНТОСУ У ПРОЦЕСАХ ОБМІНУ ВИДІВ У КОНТУРНИХ АЛЬГОУГРУПОВАННЯХ ЗАТОКИ СОБАЧЕ ГИРЛО (УКРАЇНА).....219

Давидов О.А., Козійчук Е.Ш., Железняк Н.І., Жорова А.В.

АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКІВ ПІГМЕНТНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДОРОСТЕЙ З ГІДРОХІМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВОДИ ВИСОКОЕВТРОФНИХ СТАВКІВ ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «ОЛЕКСАНДРІЯ» (м. БІЛА ЦЕРКВА, УКРАЇНА) 221

Медведь В. О., Харченко Г. В., Горбатюк Л. О.

СУЧАСНА МІКРОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА САНІТАРНО-БАКТЕРІОЛОГІЧНИЙ СТАН ОЗЕРА В УМОВАХ МЕГАПОЛІСА 225

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

ОСОБЛИВОСТІ ЛОКАЛЬНИХ УГРУПОВАНЬ МАКРОЗООБЕНТОСУ У МОДЕЛЬНИХ ЛОКАЛІТЕТАХ ВЕРХІВ'Я КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА 228

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

ЧИННИКИ ТРАНСФОРМАЦІЇ СТРУКТУРИ УГРУПОВАНЬ ЗООПЛАНКТОНУ У АНТРОПОГЕННО ЗМІНЕНОМУ ВОДНОМУ ОБ'ЄКТІ 230

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

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРИРОДИ І РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ 234

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН 234

Крижановська М., Антонюк А.

ЕКОТОКСИЧНІСТЬ АГРОХІМІКАТІВ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ 238

Крижановська М., Румак Т.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 241

Пучка О. В., Любинський О. І.

ВІДТВОРЕННЯ КОРІННИХ НАСАДЖЕНЬ У ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «МЕДОБОРИ» 245

Бачинська У.О.

ОСОБЛИВОСТІ КАЛЕНДАРЯ ПРИРОДИ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ» (2020-2025 рр.).....249

Козира Л. Я.

КЛАС *POLYPODIOPSIDA* У ФЛОРІ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «МАЛЕ ПОЛІССЯ».....253

Цибуля М. М., Якубенко Б. Є.

SCOPOLIA CARNIOLICA Jacg. У ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «МЕДОБОРИ».....255

Баранчук Г. І., Козира Л. Я.

ДІАГНОСТИКА СТАНУ ҐРУНТУ ТА ФІТОТОКСИЧНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ VIS-NIR СПЕКТРОСКОПІЇ В СИСТЕМІ РЕІНТЕГРАЦІЇ ЗОЛИ *MISCANTHUS* × *GIGANTEUS*.....259

Герц А. І., Конончук О. Б., Герц Н. В., Підліснюк В. В.

РОЗДІЛ 8. ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ПРИРОДНИХ ТА БІОАКТИВНИХ СПОЛУК.....262

SYNTHESIS, STRUCTURE AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF 5-ARYLSUBSTITUTED 2-AMINOTHIAZOL-4(5*H*)-ONES WITH TWO THIAZOLE FRAGMENTS.....262

Tulaidan H. M., Symchak R. V., Yatsiuk V. M., Baranovskyi V. S.

2-HALOGENO(THIOCYANATO, O-ETHYLDITHIOCARBONATO)BENZO[d]THIAZOLES. SYNTHESIS AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY.....265

Symchak R. V., Pidgurska D.V., Tulaidan H. M., Baranovskyi V. S.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗХРОМОВИХ МЕТОДІВ ДУБЛЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ ЗІ ШКІРИ.....269

Юнгін І. Б.

РОЗДІЛ 9. ІСТОРІЯ НАУКИ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН.....271

ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ В ШКОЛАХ НІМЕЧЧИНИ.....271
Васько А. В., Барна Л. С.

3D - МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ У СТАРШІЙ ШКОЛІ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФОТОСИНТЕЗУ У РОСЛИН З НАВЧАЛЬНОГО ПРЕДМЕТУ «БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ » 274

Данилюк В. О.

РОЛЬ ЗАВДАНЬ НА КЛАСИФІКАЦІЮ У ФОРМУВАННІ СИСТЕМНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ 7 КЛАСУ НА УРОКАХ БІОЛОГІЇ 278

Карпець Ю. А., Полянська Х. Ф., Москалюк Н. В.

ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ НАВИЧОК УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ ЗАСОБАМИ МОБІЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....281

Кіндзеревич Д. П., Ласа С. І., Москалюк Н. В.

ПРОСВІТНИЦЬКА ТА ОСВІТНЯ ДІЯЛЬНІСТЬ УКРАЇНСЬКИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПАНІЙ 285

Хома А.О., Щербатюк Т. Г.

ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВОГО СЕМІНАРУ «МІЖНАРОДНИЙ ДЕНЬ ДНК – 2026», ПРИСВЯЧЕНОГО 120–РІЧЧЮ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ МИКОЛИ ДМИТРОВИЧА ТАРНАВСЬКОГО...287

Щербатюк Т. Г., Букорос Т. О.

ВИКОРИСТАННЯ АНКЕТУВАННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ З ТЕМИ «МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН».....291

Олійник С. В.

РОСЛИННИЙ ПОКРИВ ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА «РАЇВСЬКИЙ ПАРК» ЯК ОБ'ЄКТ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ.....294

Мацюк О. Б., Дуць М. П.

МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДНИЦЬКИХ ПРОЄКТІВ ЕКОЛОГІЧНОГО СПРЯМУВАННЯ У ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ...296

Гавришків В., Слободянюк А., Столяр О.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ ТА ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН.....298

Гладюк М. М., Гладюк Т. В.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ З ХІМІЇ ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ МИСЛЕННЯ УЧНІВ ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ 302

Гладюк М. М., Кравець М. М.

ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ПРИ ВИВЧЕННІ АЗО- ТА ДІАЗО СПОЛУК 307

Хмеляр І. М., Кушнір Л. О., Бурбан О. І.

РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ НА УРОКАХ БІОЛОГІЇ ЗАСОБАМИ ПРОЄКТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....309

Даніліна Є. А., Барна Л. С.

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ.....313

Вакерич М. М., Гасинець Я. С., Попович Г. Б., Вакерич Д. М.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ.....315

Вакерич М. М., Гасинець Я.С., Вакерич Д.М.

ВИКОРИСТАННЯ ОБРАЗІВ ТВАРИН СВЯТОГО ПИСЬМА ЯК ЗАСОБУ РОЗВИТКУ ДУХОВНОСТІ ТА ЕТИКИ В ОСВІТІ.....319

Кіндій С. М., Шевчик Л. О.

МЕДІАГРАМОТНІСТЬ ТА КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ 323

Кузь М. М.

ЛОМОНОСОВ-ГЕЙЕР П. М. (1866? – 1909) – ЗАБУТА ПОСТАТЬ В ІСТОРІЇ АГРОБІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ УКРАЇНИ 326

Вергунов В. А.

РОЗДІЛ 1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА БОТАНІКА, ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН ТА МІКРОБІОЛОГІЯ

UDK: 575.1:575.2:576.5:581.173.1

THE GROWTH OF TOBACCO PLANTS (*Nicotiana tabacum* L.) UNDER CONDITIONS OF WATER DEFICIT

[1,2]Bronnikova L. I.

[1]Oles Honchar Dnipro National University
[2]Institute of Plant Physiology and Genetic, NASU
E-mail: zlenkolora@gmail.com

Water deficit and waterlogging are among the mechanisms of drought tolerance in drought-tolerant tobacco lines. Leaf water supply is a criterion for plant resistance to hydrothermal stress [2, 5]. An important element in assessing a plant's physiological condition during a drought is its ability to maintain an optimal level of leaf tissue hydration.

Tissue water content is a key factor in assessing physiological drought tolerance, owing to the crucial role of water management for each plant. All metabolic reactions within the cell occur in aqueous solutions. A reduction in the amount of water in tissues below the optimum level, even for a short time, causes irreversible structural and functional changes in organs and tissues [3]. Prolonged water deficiency impairs the functional state of the plant organism, as well as the efficiency of the photosynthetic apparatus.

The aim of our research was to determine the degree of drought tolerance in tobacco plants obtained through cell selection. Leaf water status was assessed using the gravimetric method [4]. Samples were collected in sunny weather from the central part of the shoots. One leaf was collected in six replicates. Water deficit and leaf water content were determined using a calculation method. A reduction in the water content of plant tissues for a period of more than 5 days can lead to irreversible processes, namely: reduced plant growth and root system development, premature leaf wilting, leaf desiccation, a decrease in reserve nutrients, and impaired CO_2 assimilation [1].

In general, Nicotiana tabacum L. is a typical glycophyte and is sensitive to water deficit, but our experimental plants recovered the water lost after prolonged drought fairly quickly. Overall, during the

experimental period, plants of the R2 seed generation of the Samsun variety exhibited a high degree of drought tolerance (tissue water deficit was 873.46%). The least drought-tolerant were the R2 plants of the Dubek variety (tissue water deficit was 10.51%); they had the lowest water deficit at the start of our experiment, but lost a great deal of moisture during the 24-hour wilting period, and the water-absorption capacity of the experimental plants was the weakest.

Our data indicate that R2-generation tobacco plants of the Dubek variety (78.4%) and the Samsun variety (80.11%) exhibit a significantly high level of waterlogging (WL).

Under conditions of insufficient moisture, the water balance in plants changes, the intensity of which is indicated by the hydration of leaf tissues. An adaptive response of the structural elements of the cytoplasm (proteins and water) ensures its stability and increases the water-holding capacity of the cell. At the same time, the ratio of free to bound water in leaf cells changes, which is directly linked to the plants' drought tolerance. Analysis of the research results showed that the total water content in the leaves of the tobacco varieties did not differ significantly.

Studies have established that leaf water content, in all variants, increased within the range of 66.09–89.82% on a dry matter basis. At the same time, the total water content and the amounts of free and bound water varied at different times within a 24-hour period.

References

1. Кіт Н., Щербаченко О. (2024) Стійкість мохів із фонових і антропогенно трансформованих територій до водного дефіциту. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна,* 93, 112 – 120 https://doi.org/10.30970/VLUBS.2024.93.09
2. Колояніді Н. О. (2024) Продуктивність і якість нуту за умов дефіциту води. *Фізіологія рослин і генетики*, 56(6), 515 – 528 https://doi.org/10.15407/frg2024.06.515
3. Ковалишин І. Б. (2020) Особливості водного режиму рослин роду *Clematis* L. *Фізіологія рослин і генетика,* 52 (5), 449 – 460 https://doi.org/10.15407/frg2020.05.449
4. Кушніренко М. Д., Гончарова Е. Л., Бондар Е. М. (1970) Методи вивчення водного обміну та посухостійкості плодових рослин. Кишинів, Штиинца, 80 с.
5. Fu Z., Ciaris F., Feldman A. F., Gentine P., Makowski D., Colin P. I., Story P.C. (2022) Critical soil moisture thresholds of plants

water stress in terrestrial ecosystem. *Science Advance Journal*, 8(44), 1-31 https://doi.org/10.1126/sciadv.abq7827

УДК 582.32 (477)

CAMPYLOPUS SUBULATUS SCHIMP. EX MILDE – НОВИЙ СПІВЧЛЕН БРІОФЛОРИ УКРАЇНИ

Вірченко В. М.

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

Рід *Campylopus* Brid. (Leucobryaceae, Bryopsida) нараховує понад 100 видів, поширених переважно в тропіках Центральної Америки і Африки. В помірних широтах види роду тяжіють до територій з великою кількістю опадів і селяться на торф'янистих, піщаних грунтах, силікатних скелях та мертвій деревині. В Європі відомо 16 видів цього роду [2].

Для України наводили чотири види роду *Campylopus* Brid. [1]. З них два (*C. fragilis* (Brid.) Bruch & Schimp. і *C. introflexus* (Hedw.) Brid.), без сумніву трапляються у нас. В той час як інші два види (*C. gracilis* (Mitt.) A. Jaeger і *C. pyriformis* (Schultz) Brid.), вказані для нашої країни іноземними ботаніками M. Maloch, T. Stefureac, J. Krupa в XIX і XX століттях, потребують перевірки.

Під час дослідження мохоподібних НПП «Синевир» (Хустський р-н Закарпатської обл.) нами знайдено ще один вид цього роду, а саме *Campylopus subulatus* Schimp. ex Milde, який виявився новим для бріофлори України. Зразок зібрано 30.07.2025 р. в околицях с. Мерешор на грунті між бруківкою, якою була вимощена стара дорога в ялиновому лісі. Нижче подаємо короткий опис цього зразка.

Рослини заввишки до 3,5 см, без ризоїдного войлоку, у нещільних жовтувато-зелених дернинках. Листки завдовжки 3-4 мм, прямі чи дещо зігнуті. Жилка дуже широка, вибігає слабко зубчастим кінчиком. На поперечному зрізі вона без стереїд, на спинному боці з низькими борозенками. Клітини у верхній частині листка різні за формою – майже квадратні, прямокутні і ромбоїдальні. Вушкові клітини здуті, безбарвні, часом формують більш-менш виражені вушка. Спорогони відсутні. Вегетативне розмноження ламкими верхівками стебел. Вид відомий в Польщі,

Словаччині, Чехії, Німеччині, Великобританії, Швеції та інших країнах Європи, Азії, Північної та Центральної Америки.

Список літератури

1. Вірченко В.М., Нипорко С.О. Продромус спорових рослин України: мохоподібні. Київ: Наукова думка, 2022. 176 с.
2. Hodgetts N.G., Soderstrom L., Blockeel L.T. et al. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. Journal of Bryology. 2020. Vol.42, № 1. P. 1-116.

УДК 581.1:633.36:631.461

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ НАСІННЯ *LENS CULINARIS* MEDIK. КОМПОЗИЦІЯМИ НА ОСНОВІ БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ І ПРОТРУЙНИКА ЛАЙВІТ

Козак В. О., Пида С. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: shelest.1995@ukr.net

Сочевиця харчова (*Lens culinaris* Medik.). – відносно нова, але універсальна та перспективна продовольча культура для західного регіону, популярність якої зумовлена зміщенням споживчих уподобань у бік рослинних білків та екологічно сталих продуктів харчування. З 2001 року світове виробництво культури зросло більше, ніж у два рази (з 3,15 до 6,58 млн т у 2020 р.), що свідчить про комерційну важливість цього представника зернобобових [4]. *L. culinaris* відзначається підвищеною толерантністю до абіотичних стресових факторів − посухи та низьких температур [2], зерно збагачене протеїнами (до 36 %), складними вуглеводами, вітамінами та мінералами.

Сочевиця харчова формує взаємокорисний симбіоз із *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (*R. leg*) – ґрунтовими мікроорганізмами, які сприяють забезпеченню рослин атмосферним N_2 шляхом його фіксації в кореневих бульбочках. *Rhizobium* синтезують леткі хімічні молекули: N-ацил-L-гомосерин лактони, екзополісахариди, гліцин, поліаміни, сірковмісні метаболіти, що здатні інтенсифікувати синтез фітогормонів, колонізацію коренів, посилювати процеси

водопоглинення, які визначають адаптивні можливості рослин до умов зовнішнього середовища, активізувати фотосинтез і наростання біомаси. Зазначені фізіологічні процеси відбуваються в онтогенезі рослин та в комплексі визначають їх продуктивність [1, 3]. Тому важливо дослідити вплив монообробки насіння мікробним препаратом Ризобофіт (РБ), культурами *R. leg* штамів С4-30, 724, Ф 11-2, Ф 16-1 й на фоні використання протруйника фунгіцидної дії Лайвіт, на параметри фізіологічних процесів та продуктивності *L. culinaris* сорту Red.

Польові експерименти закладали на дослідних ділянках агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка за схемою:

1.Контроль (К– без обробки)
2.Ризобофіт (РБ)
3.*R. leg* С4-30 пародоохоронног
4.*R. leg* 724
5.*R. leg* Ф 11-2
6.*R. leg* Ф 16-1
7.Лайвіт (Л)
8.Лайвіт+Ризобофіт
9.Лайвіт+*R. leg* С4-30
10.Лайвіт+*R. leg* 724
11.Лайвіт+*R. leg* Ф 11-2
12.Лайвіт+*R. leg* Ф 16-1

За 6 діб до сівби насіння сочевиці харчової варіантів 7–12 протруювали препаратом Лайвіт (діючі речовини: протіоконазол 50 г/л, дифеноконазол 50 г/л, піраклостробін 25 г/л) згідно норм виробника. Перед сівбою насіння сочевиці варіантів К (1) і Л (7) зволожували водою, у варіантах 2 і 8 використовували рідку форму РБ, 3-6 та 9-12 – штами *R. leg*. Упродовж онтогенезу рослин *Lens culinaris* визначали їх біометричні параметри; вміст фотосинтетичних пігментів у листках спектрофотометричним методом за Вельбурном; водоутримуючу здатність (ВУЗ) листків за А. Арландом, водний дефіцит (ВД); урожай у фазі повної стиглості, аналізуючи сноповий матеріал, зібраний з пробних майданчиків, перераховуючи їх середню врожайність на 1 га.

Виявлено збільшення висоти стебла дослідних рослин сочевиці у фазу бутонізація – початок цвітіння за моноінокуляції

штамами *R. leg* С4-30 (6,3 %), *R. leg* Ф 11-2 (27,1 %), *R. leg* Ф 16-1 (9,8 %) порівнюючи із варіантом контролю. Комплексне застосування протруйника та *R. leg* усіх штамів сприяло зростанню вищезазначеного показника на 12,5 − 24,5 %. Обробка насіння культурами бульбочкових бактерій та на фоні застосування препарату Лайвіт стимулювала процеси наростання надземної маси *L. culinaris* на 17,9 % (*R. leg* С4-30) і 5,5 % (Л+*R. leg* Ф 16-1) у фазу вегетативного росту рослин. Сумісне застосування *R. leg* з протруйником сприяло значному облиственню рослин, порівнюючи з неінокульованим варіантом. Найвищий приріст показника кількості листків на рослині встановлено у варіанті Л+*R. leg* С4-30 −25,6±1,16 шт. (30,9 %) у фазу бутонізація −початок цвітіння. Статистично вірогідне збільшення кількості листків сочевиці у вище згаданій фазі онтогенезу визначено за обробки насіння композиціями Л+*R. leg* Ф 11-2 та Л+*R. leg* Ф 16-1, що на 26,3 та 27,6 % більше, порівнюючи із значенням контролю.

Упродовж онтогенезу рослин виявлено статистично вірогідне зростання параметрів умісту хлорофілів *a, b* і каротиноїдів у листках сочевиці за впливу моноінокуляції Ризобофітом на 7,9, 2,9 і 4,2 % (фаза вегетативного росту рослин), 11,9, 28,4 і 29,7 % (фаза бутонізація−початок цвітіння), 20,8, 10,9 і 9,5 % відповідно (фаза цвітіння). Максимальний сумарний уміст хлорофілів (*a*+*b*) у листках сочевиці (3,08±0,017 мг/г) визначено у фазу бутонізація− початок цвітіння (варіант РБ), що на 19,0 % перевищувало значення К. За комплексного застосування Лайвіту зі штамами *R. leg* виявлено позитивну динаміку в накопиченні зелених пігментів (приріст до 11,5 %), що свідчить про стійкість досліджуваних штамів до складових компонентів фунгіциду та відсутність інгібуючої дії останніх на життєздатність бактерій.

Моноінокуляція насіння штамами *R. leg* та застосування композицій *R. leg* з препаратом Лайвіт суттєво підвищувала ВУЗ колоїдів цитоплазми листків сочевиці. Найнижче значення показника втрати води у фазі вегетативного росту рослин через 2 і 4 год виявлено за обробки насіння комбінацією Л+*R. leg* 724: 15,00±0,81 % та 22,23±0,39 % відповідно, що на 7,2 і 9,9 % менше порівнюючи із контрольним варіантом, через 24 год. − при монообробці насіння протруйником, що на 20,9 % нижче порівнюючи із значенням К, у фазі цвітіння −за моноінокуляції *R.*

leg 724, що на 10,2 % нижче контролю. Моноінокуляція насіннєвого матеріалу штамом *R. leg* С4-30 суттєво знижувала показники ВД листків рослин: на 4,9 % (вегетативний ріст рослин), 3,9 % (бутонізація− початок цвітіння та формування бобів), порівнюючи із показниками К, що свідчить про його універсальну дію та здатність підвищувати посухостійкість рослин.

Встановлено позитивний вплив інокуляції насіння та застосування фунгіцидного засобу захисту рослин Лайвіт на насіннєву продуктивність культури. Найвищу урожайність встановлено у варіанті РБ − 16,16 ц/га (приріст 39,4 %), порівнюючи із К (11,59 ц/га). Обробка насіння штамами *R. leg* 724, Ф 11-2 і Ф 16-1 сприяла зростанню врожайності сочевиці харчової на 23,3, 27,3 та 35,5 %, композиціями РБ, *R. leg*. С4-30, Ф 11-2 і Ф 16-1 з Лайвітом – на 18,7, 9,7, 8,5, 4,3 %.

Отже, інокуляція насіння *Lens culinaris* сорту Red штамами *R. leg*, як окремо, так і в поєднанні із фунгіцидним протруйником Лайвіт, здійснює комплексний позитивний вплив на ростові процеси, фізіологічний стан та продуктивність рослин, а отже є доцільним агротехнологічним прийомом вирощування культури. За впливу досліджуваних елементів технології зростає адаптивний потенціал сочевиці харчової, оптимізуються фізіологічні процеси та підвищується врожайність. Отримані результати підтверджують сумісність препарату Лайвіт із культурами *R. leg* та відсутність його інгібуючої дії.

Список літератури

1. Моргун В. В., Григорюк І. П., Ткачов В. І., Яворовський П. П. Застосування полімерних регуляторів росту і добрив для підвищення життєздатності саджанців деревних порід : *Наукові основи і рекомендації*. К.: Наук. світ, 2001. 42 с.
2. Ярмуш С. Х., Польовий А. М., Барсукова О. А. Агрокліматичні умови формування урожаю сочевиці в Західній Україні при зміні клімату. *Екологічні науки.* 2025. №2 (59). С. 236−243.
3. Abd-Alla M. H., Al-Amri S. M., El-Enany A. W. E. Enhancing rhizobium–legume symbiosis and reducing nitrogen fertilizer use are potential options for mitigating climate change. *Agriculture.* 2023. No 13. P. 2092.

4. Dhull S. B., Kinabo J., Uebersax M. A. Nutrient profile and effect of processing methods on the composition and functional properties of lentils (*Lens culinaris* Medik): A review. Legume Science. 2023. Vol. 5, No 1. P.156.

УДК 579.841.1:577.21:616.327.2-002

ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ АДГЕЗІЇ У КЛІНІЧНИХ ШТАМІВ *S. AUREUS*

[1]Кравець Н. Я., [2]Шевченко М. В., [2]Царенко Т. М., [1]Климнюк С. І.

[1]Тернопільський національний медичний університет імені І. Горбачевського, Тернопіль, Україна
[2] Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна
E-mail: kravecnj@tdmu.edu.ua

Колонізація слизових оболонок, а саме ротоглотки, золотистим стафілококом залежить від скоординованої роботи молекулярних механізмів адгезії. Здатність ізолятів до формування біоплівки *in vitro,* часто демонструє відмінності, попри еволюційну консервативність генетичних детермінант, таких як *оперон icaABCD* [1,2]. Це вказує на складнощі у регуляції адгезії, що проявляється фенотипово. Отже, дослідження таких відмінностей є важливим для розуміння адаптивних механізмів збудника.

Мета роботи – оцінити наявність генів адгезії (оперону icaABCD) та інтенсивність біоплівкоутворення у клінічних штамів S. aureus, виділених з біотопу мигдаликів у пацієнтів з гострим тонзилітом.

Проаналізовано 14 штамів *S. aureus,* виділених від пацієнтів із гострим тонзилітом. Виявлення генів *icaABCD* здійснювали методом ПЛР у реальному часі (Real-time PCR) з використанням комерційних праймерів (Macrogen, Південна Корея) та ампліфікатора (Stratagene Mx3005P (Agilent Technologies, США*).* Фенотипове дослідження біоплівкоутворення проводили мікротитрувальним методом за методикою Stepanović et al. у 96 - лунковому полістироловому планшеті.

В усіх досліджуваних ізолятів було виявлено гени *icaABCD*.

Проте інтенсивність біоплівкоутворення варіювала 28,6 % ізолятів проявили сильну здатність, 21,4 % – помірну, 42,8 % – слабку, а 7,1% не проявили такої здатності. Схожі результати було отримано у роботі Tola et al. [3] при дослідженні штамів *S. aureus,* виділених з інертних поверхонь, де високий відсоток виявлення генів *ica* не завжди супроводжувався формуванням біоплівок. У результатах іншого дослідження більшість клінічних ізолятів виділених з ранових інфекцій мали гени, однак їх фенотипова здатність теж характеризувалася різноманіттям прояву. Це підтверджує гіпотезу, що генетична детермінанта є важливою та необхідною ознакою, проте недостатньою для продукування здатності до адгезії.

Отже, повсюдне поширення генів адгезії (оперону *icaABCD)* серед клінічних ізолятів свідчить про основну роль у колонізації та персистенції. Водночас виявлена варіабельність фенотипів біоплівкоутворення підтверджує, що наявність генотипу не гарантує фенотипового прояву. Це підкреслює необхідність подальшого вивчення регуляторних механізмів експресії та впливу мікрооточення на вірулентність *S. aureus*.

Список літератури

1. Kravets N. Ya., Shevchenko M. V., Tsarenko T. M. Phylogenetic analysis of the evolutionary stability of the icaA gene within the global *Staphylococcus aureus* population. *Biological Systems.* 2025. Vol. 17, No. 2. P. 216–222.
2. Tola J.D., Orellana P.P., Andrade C.F., Torracchi J.E., Delgado D.A., Pavón A.C., Carchi D.G. Molecular analysis of the ica adhesion gene in *Staphylococcus aureus* strains, isolated from inert surfaces in clinical and hospital areas. *Genet. Mol. Res.* 2024. Vol. 23, No. 3. Article gmr2344.
3. Alabbosh K.F., Zmantar T., Bazaid A.S., Snoussi M., Noumi E. Antibiotics resistance and adhesive properties of clinical *Staphylococcus aureus* isolated from wound infections. *Microorganisms.* 2023. Vol. 11, No. 5. Article 1353.

УДК 581.132

АКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ЗА УМОВ ПОСУХИ ТА ПОНОВЛЕННЯ ПОЛИВУ

Соколовська-Сергієнко О. Г., Кірізій Д. А., Стасик О. О.

Інститут фізіології рослин та генетики НАН України
E-mail: sokolovska_oksana@ukr.net

У дослід були залучені сорти озимої пшениці Подолянка, Хуртовина, Вінничанка і Придніпровська. До початку цвітіння, а в контрольному варіанті впродовж всієї вегетації, вологість ґрунту підтримували на рівні 70 % ПВ. У фазу цвітіння припиняли полив рослин дослідного варіанта, знижуючи протягом 4 діб вологість ґрунту до рівня 30 % ПВ, який підтримували протягом наступних 10 діб. Загальний період вирощування рослин за зниженого водозабезпечення становив 14 діб, охоплюючи фази цвітіння і початку молочної стиглості. Після цього полив дослідних рослин відновлювали до рівня контролю (70 % ПВ), який підтримували до кінця вегетації.

Зниження вологості ґрунту в дослідних посудинах до 30 % ПВ впродовж чотирьох діб після припинення поливу підвищило рівень водного дефіциту в прапорцевих листках рослин на 60–70 % у сортів Подолянка, Хуртовина і Вінничанка та на 140 % у сорту Придніпровська. Значно більше зростання водного дефіциту в листках сорту Придніпровська на ранніх етапах розвитку посухи порівняно з іншими дослідженими сортами свідчить про низьку здатність рослин даного сорту до швидкої адаптації за різкого наростання водного дефіциту в ґрунті. Очевидно, у рослин сорту Придніпровська більш інерційна продихова регуляція, що спричинює збереження відкритості продихів при погіршенні вологозабезпечення. Така особливість реакції збільшує ризик значних порушень за тривалої наростаючої посухи.

За тривалої посухи (7 діб за 30 % ПВ) водний дефіцит у прапорцевому листку ще зріс у сортів Вінничанка, Придніпровська і Хуртовина. У дослідних рослин сорту Подолянка рівень водного дефіциту залишався незмінним впродовж всього досліду, що є показником високої пластичності та здатності регулювати водний режим за несприятливих умов

водозабезпечення. Подальше зростання водного дефіциту в листках частково було зумовлено зниженням вологості повітря, про що свідчить деяке його збільшення також і в рослин контрольного варіанта. За тривалої посухи найбільше підвищення водного дефіциту порівняно з контролем було виявлено в рослин сорту Вінничанка, а найменше – в сорту Подолянка. На четверту добу після поновлення поливу до рівня контролю водний дефіцит в листках дослідних рослин сортів Хуртовина, Вінничанка і Придніпровська знизився і зрівнявся з цим показником у сорту Подолянка, хоча залишився на 30–40 % вищим, ніж у контрольних. В цей період істотних міжсортових відмінностей не виявлено.

Досліджувані сорти істотно різнилися за реакцією фотосинтетичного пігментного апарату на ґрунтову посуху, зокрема за вмістом хлорофілу. На ранніх етапах посухи (зниження вологості ґрунту до 30 % ПВ) статистично достовірне зниження вмісту хлорофілу (на 17 %) було зафіксоване тільки в сорту Придніпровська. Після семи діб вирощування рослин за низького вологозабезпечення істотне зменшення вмісту хлорофілу (приблизно на 20 %) було виявлене в сортів Придніпровська і Вінничанка, тоді як у сортів Подолянка і Хуртовина воно було статистично недостовірним (відповідно 10 і 5 %). Після поновлення поливу до рівня контролю вміст хлорофілу в листках дослідних рослин не підвищився. Пошкодження фотосинтетичного апарату, спричинені посухою, зберігалися, вміст хлорофілу в прапорцевих листках підданих стресу рослин був менший порівняно з контролем у сортів Хуртовина і Подолянка, відповідно, на 10 і 12 %, у сортів Придніпровська і Вінничанка – на 20 і 23 %.

Інтенсивність фотосинтезу листків контрольних рослин протягом дослідженого періоду варіювала в межах 25–30 мг CO_2/(дм^2 · год). Найбільшим цей показник був у рослин сорту Подолянка, найменшим – у сорту Хуртовина. У дослідних рослин вже на першу добу посухи спостерігалось істотне зниження інтенсивності фотосинтезу, при цьому диференціація сортів була виражена значно сильніше, ніж за умов оптимального поливу. В цей час у рослин сортів Подолянка і Хуртовина інтенсивність фотосинтезу прапорцевих листків за умов посухи становила близько 70 % контрольних показників, у Вінничанки – 60, у

Придніпровської – 26 %. Подовження посухи до 7 діб призвело до подальшого зниження інтенсивності фотосинтезу у рослин сортів Подолянка, Хуртовина і Вінничанка відповідно до 56, 47 і 40 % контролю, а у Придніпровської цей показник залишився на тому ж рівні, що й на третю добу. Цікаво відмітити, що за абсолютними значеннями інтенсивності фотосинтезу прапорцевих листків рослин за умов посухи сорти Хуртовина і Вінничанка практично не різнились, проте розрахунки у відносному вираженні щодо контрольних значень дозволили чіткіше диференціювати сорти за реакцією цього показника на посуху. Через чотири доби після поновлення оптимального поливу у рослин всіх сортів інтенсивність фотосинтезу відновилася до 85–90 % контрольного рівня.

Нами виявлено, що ґрунтова посуха впродовж 14 діб у фазу цвітіння істотно знижувала зернову продуктивність головного пагона і цілої рослини в досліджуваних сортів озимої пшениці. Маса зерна з однієї рослини знизилася порівняно з контролем у сорту Хуртовина на 13 %, у сорту Подолянка – на 16 %, у сорту Придніпровська – на 23 % і у сорту Вінничанка – на 33 %. Найважливішими чинниками були зменшення накопичення біомаси і озерненості колоса. Коефіцієнт кореляції змін відносно контролю маси зерна зі змінами загальної маси рослини становив 0,96, з кількістю зерен – 0,95. Водночас, маса зерна з рослини слабо негативно корелювала з масою 1000 зерен ($r = –0,32$), яка, в свою чергу, негативно корелювала з кількістю зерен ($r = –0,76$). Отримані результати свідчать, що основною причиною зниження зернової продуктивності було інгібування фотосинтетичної функції, оскільки зменшилося накопичення загальної біомаси рослин. Зміни вмісту хлорофілу в прапорцевому листку після 7 діб посухи корелювали зі змінами маси зерна з рослини з коефіцієнтом 0,92. Аналогічні результати щодо позитивної кореляції вмісту хлорофілу із зерновою продуктивністю за стресових умов посухи і високої температури були отримані на 15 сортах твердої пшениці [1]. Автори згадуваної роботи пропонують цей фізіологічний показник в якості селекційного критерію для оцінки стресотолерантності генотипів. Оскільки рослини були піддані посусі у фазу цвітіння погіршення забезпечення асимілятами зменшило озерненість рослин. В той же час,

внаслідок меншої кількості зерен у дослідних рослин знизилась конкуренція за асиміляти між зернинами під час наливання, коли водозабезпечення рослин було відновлено до рівня контролю, що зумовило негативну кореляцію між масою 1000 зерен і їх кількістю. Зменшення озерненості рослин певною мірою могло зумовлюватися також безпосереднім впливом посухи на розвиток генеративних органів [2].

Список літератури

1. Barutcular C., El Sabagh A., Koc M., Ratnasekera D. Relationships between grain yield and physiological traits of durum wheat varieties under drought and high temperature stress in mediterranean environments. *Fresenius Environ. Bull.* 2017. Vol. 26, No 6. P. 4282-4291.
2. Distelfeld A., Avni R., Fischer A.M. Senescence, nutrient remobilization, and yield in wheat and barley. *J. Exp. Bot.* 2014. Vol. 65, No 14. P. 3783-3798.

УДК (581.526.325:616-056.3(477.43/.44)

РОСЛИНИ-АЛЕРГЕНИ В УРБАНОФЛОРІ МІСТА ТЕРНОПІЛЬ

Дарморіз Н. Б., Герц Н.В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: darmoriznatalia090397@gmail.com
herts_nv@chem-bio.com.ua

Сучасний розвиток міст супроводжується інтенсивними процесами урбанізації, які суттєво змінюють природне середовище. Розширення забудови, зростання транспортного навантаження, трансформація ґрунтового покриву та кліматичні зміни впливають на формування міських екосистем. Важливою складовою таких екосистем є урбанофлора – сукупність усіх рослин, що зростають у межах міста.

Рослинність виконує багато важливих функцій: очищує повітря, знижує рівень шуму, регулює мікроклімат та формує рекреаційне середовище для населення. Проте разом із позитивним впливом деякі рослини можуть бути джерелом

алергенного пилку, що негативно впливає на здоров'я людей. У містах України та світу спостерігається зростання кількості алергічних захворювань, зокрема полінозів – сезонних алергій на пилок рослин [1].

Об'єктом дослідження є урбанофлора міста Тернопіль, а предметом – поширення та алергенний потенціал рослин у міському середовищі.

Методологія дослідження базувалася на комплексних польових ботанічних спостереженнях у межах м. Тернопіль, що включали ідентифікацію видів та фотографування рослинних зразків. Ключовим етапом стала оцінка видового різноманіття урбанофлори міста з акцентом на поширенні алергенних рослин. Робота охоплює кількісний аналіз фітобіоти та прогнозування її впливу на стабільність міської екосистеми.

Особливістю міської рослинності є її висока динамічність та значна трансформація під впливом діяльності людини. Такі умови сприяють поширенню рослин, які мають високу екологічну пластичність і здатні швидко адаптуватися до зміненого середовища. Серед них значну частку становлять рослини-алергени.

Рослини-алергени – це види, пилок яких містить специфічні білкові сполуки, здатні викликати алергічні реакції в організмі людини. Найчастіше такі реакції проявляються у вигляді алергічного риніту, кон'юнктивіту або бронхіальної астми [2].

Більшість рослин-алергенів належать до вітрозапильних видів. Їх пилок є легким, сухим і виробляється у великій кількості, що забезпечує його поширення на значні відстані. До основних груп алергенних рослин належать дерева, злакові трави та бур'яни. Формування алергенності рослин залежить від комплексу факторів: генетичних особливостей пилку, кліматичних умов, рівня забруднення повітря та ступеня урбанізації території [5].

Дослідження підтвердило, що алергенна флора займає вагоме місце в екосистемі міста. Основними джерелами алергенного навантаження в Тернополі є поєднання деревних насаджень, злакових трав та широкого спектра бур'янів.

До найбільш поширених деревних алергенів належать береза повисла *(Betula pendula L.)*, вільха чорна (*Alnus glutinosa (L.) Gaertn)*, ліщина звичайна (*Corylus avellana L)*, клен ясенелистий

(*Acer negundo L.*), тополя чорна *(Populus nigra L.)* та ясен звичайний (*Fraxinus excelsior L.*). Їх пилкування відбувається ранньою весною, коли пилок легко переноситься повітряними потоками.У літній період основним джерелом алергенного пилку є злакові трави, такі як тимофіївка (*Phleum pratense L*), райграс (*Lolium perenne L.*), тонконіг (*Poa pratensis L.*) і костриця *(Festuca pratensis Huds.).* Вони поширені на газонах, луках та відкритих територіях.Найбільшу небезпеку становлять бур'янові рослини, серед яких особливо виділяється амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia L)*. Її пилок має дуже високу алергенність навіть у невеликих концентраціях [2].

Згідно наших спостережень, пилковий сезон у Тернополі триває з березня до жовтня і має хвилеподібний характер. Перший період – весняний – пов'язаний із пилкуванням дерев. Найвищі концентрації пилку спостерігаються у квітні, коли активно цвіте береза. Другий період – літній – характеризується пилкуванням злакових трав, яке триває з червня до липня. Третій період – літньо-осінній – пов'язаний із масовим пилкуванням бур'янів, зокрема амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia L)* та полину звичайного (*Artemisia vulgaris L*). Саме в цей час фіксується найвищий рівень алергенного навантаження. Згідно з даними медичної статистики, у цей період спостерігається суттєве зростання частоти випадків алергічного риніту серед населення, що підтверджується збільшенням кількості звернень за медичною допомогою [3].

З огляду на результати дослідження, стратегія зменшення алергенного навантаження в м. Тернопіль має базуватися на системному підході до регулювання фітоценозів. Ключовими векторами цієї діяльності є:

1. Санітарне утримання територій: систематичне скошування рудеральної рослинності для запобігання цвітінню.
2. Ліквідація карантинних об'єктів: цілеспрямована елімінація інвазивних видів, передусім *Ambrosia artemisiifolia*.
3. Фітосанітарний контроль: постійний нагляд за якісним складом і станом міських зелених насаджень.
4. Аеробіологічний моніторинг: впровадження системи спостереження за концентрацією пилку в повітрі [4].
5. Раціональне озеленення: пріоритетне використання

гіпоалергенних декоративних культур при проектуванні нових ландшафтних зон міста.

Таким чином, проведене дослідження урбанофлориміста Тернопіль свідчить про деяку трансформацію міських екосистем, що сприяє закріпленню видів із високим алергенним потенціалом. Встановлено, що фітоалергенний фонд міста має чітку трифазну структуру пилкування (весняна — деревна, літня — злакова, осіння — бур'янова), де критичне навантаження припадає на літньо-осінній період через поширення рудеральної рослинності. Домінуюча роль амброзії та злакових трав у формуванні алергенного фону вимагає переходу від пасивного спостереження до активного управління фітоценозами. Реалізація запропонованих заходів, зокрема аеробіологічного моніторингу та раціонального озеленення, дозволить суттєво знизити рівень екологічного ризику та покращити якість життя мешканців міста.

Список літератури

1. Бондар О. М. Екологія та функції зелених насаджень міст. Харків : ХНУ, 2019. 145 с.
2. Добрянська Н. І., Кравченко В. М. Рослини-алергени урбанофлори. Львів : Вид-во ЛНУ, 2020. 167 с.
3. Добрянська, Н. І., Кравченко, В. М. Урбанізація, пилок і алергени. Львів : Вид-во ЛНУ, 2020. 124 с.
4. Кузьменко Ю. П. Поліноз у містах. Київ : Наукова думка, 2018. 122 с.
5. Лисенко О. М. Алергенність рослин та умови міського середовища. Тернопіль : ТНТУ, 2021. 143 с.

УДК 575.224.46.044

ВИКОРИСТАННЯ ALLIUM-TEST ДЛЯ ОЦІНКИ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ГЕРБІЦИДІВ

Овсяк Р. І., Крижановська М. А.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: ovsiakrita@gmail.com

Гербіциди є важливою складовою сучасного сільського господарства, оскільки застосовуються для контролю бур'янів і

підвищення врожайності культурних рослин. Водночас їх використання супроводжується потенційними ризиками для навколишнього середовища та живих організмів, зокрема через можливий токсичний вплив на клітинному рівні [2].

Залежно від характеру дії гербіциди поділяють на кілька основних груп. За спектром дії виділяють гербіциди суцільної дії, які знищують усі види рослин (наприклад, препарати на основі гліфосату) та вибіркові гербіциди, що впливають лише на окремі групи бур'янів (препарати на основі дикамби — проти дводольних бур'янів, препарати типу Фюзілад Форте, Пантера, Центуріон — проти злакових бур'янів) [1].

Механізм дії гербіцидів полягає у порушенні життєво важливих процесів у рослинних клітинах, що зрештою призводить до загибелі бур'янів. Після потрапляння на рослину гербіцид проникає через листки або корені та може переміщуватися по провідних тканинах (ксилемі й флоемі), поширюючись у всі органи [2]. Діюча речовина впливає на біохімічні процеси: наприклад, препарати на основі гліфосату блокують синтез необхідних амінокислот, унаслідок чого припиняється утворення білків і ріст рослини. Інші гербіциди порушують фотосинтез, дихання або синтез пігментів, що викликає пожовтіння листків і відмирання тканин. Деякі діють як регулятори росту, спричиняючи неконтрольований розвиток і деформації.

Використання гербіцидів має як переваги, так і недоліки. До основних плюсів належать ефективне знищення бур'янів, підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зменшення потреби в ручній праці та можливість обробляти великі площі за короткий час. Крім того, правильне застосування гербіцидів допомагає зменшити конкуренцію за воду, світло й поживні речовини між культурними рослинами та бур'янами. Водночас існують і мінуси: гербіциди можуть негативно впливати на довкілля, забруднюючи ґрунт і воду, а також впливати на рослини й мікроорганізми. Деякі речовини здатні накопичуватися в екосистемах або викликати стійкість у бур'янів.

Один із найпростіших і водночас ефективних методів дослідження впливу гербіцидів на клітинному рівні — Allium-test. Його застосування дає змогу виявляти порушення мітозу та оцінювати токсичні й мутагенні ефекти хімічних речовин [4].

Завдяки тому, що в коренях цибулі (Allium cepa) інтенсивно відбувається мітоз, можна легко спостерігати, як досліджувані речовини впливають на цей процес: чи уповільнюють ріст, чи викликають порушення поділу клітин або хромосомні аномалії [3]. Це дозволяє швидко оцінити потенційну небезпеку речовин, зокрема гербіцидів, для живих організмів.

Під час проведення тесту цибулини ставлять у воду або в розчин досліджуваної речовини і залишають на певний час для проростання. У нормі корінці ростуть рівномірно й швидко, а їхні клітини активно діляться. Якщо ж у розчині містяться токсичні сполуки, вони проникають у клітини кореня і впливають на процес мітозу [3]. У результаті може спостерігатися уповільнення росту корінців, їх викривлення, зменшення довжини або повна зупинка поділу клітин. Далі корінці зазвичай фіксують, фарбують і досліджують під мікроскопом, щоб оцінити, чи є порушення в різних фазах мітозу.

Таким чином, знання та вміння застосовувати Allium-test дають можливість проводити дослідження та оцінювати екологічні й цитотоксичні аспекти впливу гербіцидів. Використання цього методу дозволяє виявити можливі порушення клітинного поділу, токсичність і потенційну небезпеку хімічних речовин для живих організмів.

Отже, Allium-test є важливим інструментом біотестування, який сприяє більш обґрунтованому та безпечному застосуванню гербіцидів у сільському господарстві та захисті довкілля.

Список літератури

1. Гербіциди // Енциклопедія сучасної України. Режим доступу: https://esu.com.ua/article-29288
2. Кучерявий В. П. Екологія. Львів: Світ, 2001.
3. Куцоконь Н. Рослинні тест-системи для визначення генотоксичності. *Вісник НАН України*. 2010. № 4. С. 48–52.
4. Leme D. M., Marin-Morales M. A. Allium cepa test in environmental monitoring: A review on its application. *Mutation Research*. 2009. No 4. P. 113-118.

УДК 633.853.494:632.4

НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНІ ХВОРОБИ РІПАКУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ

Славецька І. О, Мацюк О. Б.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: macjuk@chem-bio.com.ua

Ріпак озимий є однією з провідних олійних культур України, однак його продуктивність значною мірою залежить від фітосанітарного стану посівів. Поширення комплексу грибкових хвороб призводить до зниження польової схожості насіння, зрідження посівів, передчасного відмирання листкового апарату, ураження стебел і стручків, що негативно впливає на врожайність та якість насіння [3].

Серед найнебезпечніших захворювань ріпаку особливе місце займає фомоз (*Leptosphaeria maculans*). Хвороба уражує рослини протягом усього періоду вегетації, викликаючи некроз кореневої шийки, рак стебла та передчасне відмирання рослин. За інтенсивного розвитку втрати врожаю можуть перевищувати 50 %, а лабораторна схожість насіння істотно знижується.

Не менш небезпечним є альтернаріоз (*Alternaria* spp.), який особливо інтенсивно розвивається під час цвітіння та дозрівання культури. Ураження стручків призводить до їх передчасного розтріскування, формування щуплого насіння та втрат урожаю на рівні 30–50 % [1,2].

В умовах достатнього зволоження значного поширення набуває несправжня борошниста роса (пероноспороз). Захворювання проявляється вже на ранніх етапах розвитку рослин, спричиняючи відмирання листків, ослаблення рослин перед зимівлею та недобір урожаю до 30 %.

Особливо небезпечним у період цвітіння є склеротиніоз (*Sclerotinia sclerotiorum*). За теплої та вологої погоди гриб швидко поширюється, викликаючи білу гниль стебел, передчасне дозрівання рослин і втрати врожаю, які можуть перевищувати 50 %.

У вологі роки значної шкоди також завдає сіра гниль (*Botrytis cinerea*), яка уражує всі органи рослини та спричиняє

передчасне розтріскування стручків і зниження якості насіння [2, 3].

Ефективний захист посівів ріпаку можливий лише за умови комплексного застосування інтегрованої системи захисту, яка включає дотримання сівозміни, використання здорового насіннєвого матеріалу, вирощування стійких сортів і гібридів, збалансоване мінеральне живлення, моніторинг фітосанітарного стану посівів та своєчасне застосування фунгіцидів.

Найбільш поширеними та економічно небезпечними хворобами ріпаку озимого в умовах Західного Поділля є фомоз, альтернаріоз, пероноспороз, склеротиніоз і сіра гниль. Їх розвиток значною мірою визначається погодними умовами та дотриманням технології вирощування. Використання інтегрованої системи захисту дозволяє істотно зменшити розвиток захворювань, зберегти продуктивність агроценозу та забезпечити отримання високоякісного врожаю.

Список літератури

1. Марков І. Л. Практикум із сільськогосподарської фітопатології. Київ : ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2011. 528 с.
2. Поспєлов С. В., Поспєлова Г. Д., Неженець О. М. Загальна фітопатологія. Київ : Аграрна освіта, 2021. 424 с.
3. Жемойда В. Л. Хвороби ріпаку та заходи обмеження їх розвитку. *Агроном.* 2023. № 2. С. 94–101.

УДК 372.857

НУТ ЗВИЧАЙНИЙ ЯК МОДЕЛЬНИЙ ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ СОЛЕСТІЙКОСТІ У РОСЛИН З НАВЧАЛЬНОГО ПРЕДМЕТУ «БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ »

Замойська І. М., Пида С. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E - mail: spyda@ukr.net

Нут звичайний (*Cicer arietinum* L.) – вид родини Бобові (Fabaceae), важлива сільськогосподарська культура, яка може вирішити проблему дефіциту харчового та кормового білків,

оскільки у насінні містить 24-32 % протеїнів, що є збалансованими за амінокислотним складом [3]. Цінними компонентами зерна *C. arietinum* є вуглеводи (50-60 %), олія (4-7 %), вітаміни А, B_2, B_3 B_6, С, РР та мінеральні речовини (2-5 %) [1].

Нут звичайний має важливе агротехнічне значення. Завдяки біологічній фіксації нітрогену симбіотичними системами залишає в ґрунті 100-120 кг/га азоту, добре розвиненій кореневій системі – поглинає важкодоступні для інших культурних рослин мінеральні сполуки як з орного так і з більш глибоких шарів ґрунту, економно витрачає воду, є морозо-, посухо- і жаростійкою культурою [4], також теплолюбною, типовим ксерофітом, клітини вегетативних органів проявляють високий осмотичний тиск [1], тому за мінливих кліматичних умов [4] має великі перспективи в Західному Лісостепу України. Нут звичайний може слугувати модельним об'єктом в навчальному предметі «Біологія і екологія» при вивченні адаптацій до абіотичних чинників зовнішнього середовища.

Актуальною проблемою аграрного виробництва у сучасних умовах тривалих військових дій, кліматичних змін, нераціонального використання мінеральних добрив є засолення ґрунтів, яке пов'язане із збільшенням умісту в ґрунті від 0,1% маси легкорозчинних солей натрій хлориду, сульфатів та карбонатів. Тому дослідження адаптивного потенціалу сортів нуту звичайного за впливу змодельованого хлоридного засолення за посівними якостями насіння та фізіологічними процесами рослин є важливими для майбутніх учителів природничих спеціальностей. Оскільки в Навчальній програмі для закладів загальної середньої освіти з навчального предмету «Біологія і екологія», 10-11 класи, профільний рівень (наказ № 1407 від 23.10.2017) [2], серед основних ключових компетентностей у природничих науках і технологіях учитель повинен сформувати: «наукове розуміння природи і сучасних технологій, а також здатність застосовувати його в практичній діяльності; уміння застосовувати науковий метод, формулювати гіпотези, збирати дані, спостерігати, проводити прості експерименти, аналізувати, формулювати висновки». У результаті навчання здобувачі освіти повинні вміти застосовувати «прості математичні обчислення та моделі при аналізі біологічної та екологічної інформації, у тому числі з

елементами математичної статистики; застосовувати методи графічного аналізу й представлення біологічних та екологічних закономірностей; пояснювати явища живої природи із застосуванням елементів наукового методу пізнання; ідентифікувати чинники негативного впливу на довкілля та оцінювати наслідки технологічної діяльності людини на довкілля». У зазначеній вище навчальній програмі в 11 класі в межах теми 6. Адаптації (60 годин), власне на адаптації відведено 15 годин. При вивченні навчального матеріалу учні повинні вміти оперувати такими термінами як адаптація, стрес, стресор; описувати механізми адаптації організмів до дії стресорів, прогнозувати наслідки впливу стресорів на організм, реакції організмів на зміну умов середовища; знати про фізіологічні і морфологічні адаптації рослин до дії абіотичних чинників.

У результаті лабораторних та вегетаційних досліджень адаптивного потенціалу сортів Буджак і Ярина нуту звичайного, як модельного об'єкту, до змодельованого хлоридного засолення в умовах піщаних культур концентраціями 25 mM, 50 mM та 75 mM NaCl формулювали гіпотезу, збирали дані, проводили фенологічні спостереження та експерименти, узагальнювали результати дослідження застосовуючи методи математичної статистики, аналізували отримані результати дослідження, порівнювали їх з інформацією літературних джерел і формулювали висновки. Адаптивний потенціал зазначених вище сортів оцінювали за параметрами посівних якостей насіння, процесів росту та водообміну.

Дослідження показали, що розчин NaCl концентрацією 25 mM підвищує лабораторну схожість насіння *C. arietinum* сортів Буджак та Ярина на 5-ту та 8-му доби визначення. Концентрація NaCl 75 mM виступала стресором і змодельоване засолення зазначеною концентрацією статистично вірогідно знижувало показники лабораторної схожості та дружності проростання насіння. За цими фізіологічними параметрами концентрація NaCl 50 mM була індиферентною. Встановлено, що змодельоване засолення 25 mM NaCl стимулювало процеси росту стебла нуту звичайного. Підвищення у вегетаційній посудині умісту натрій хлориду до 75 mM суттєво пригнічувало діяльність верхівкових меристем стебла й кореня *C. arietinum* сортів Буджак і Ярина,

відтак знижувало об'єм їх кореневих систем, також і облиствлення пагонів. За концентрації 50 mM NaCl висота стебла сорту Буджак нуту звичайного дослідного варіанту статистично вірогідно не відрізнялася від контролю, кількість листків на рослині була істотно меншою, а в сорту Ярина – вищою на 20,3 %, облиствленість аналогічна рослинам контрольного варіанту. Виявлено, що процеси водообміну рослин нуту звичайного також реагують на змодельоване хлоридне засолення і дію стресора, яким виступає підвищена концентрація NaCl. За 50 та 75 mM NaCl у піску знижувався у листках нуту звичайного сорту Буджак загальний уміст води на 11,2 та 16,8 % порівнюючи з контролем. Обводнення тканин листків сорту Ярина вірогідно знижувалося на 15,0 % лише за впливу 75 mM NaCl. Листки обох сортів нуту звичайного за впливу 25 mM NaCl статистично вірогідно інтенсивніше на 10,1 % і 22,6 % випаровували воду. Змодельоване засолення вищою концентрацією NaCl знижувало інтенсивність транспірації листків сорту Буджак на 24,4 % (50 mM) та 58,3 % (75 mM), сорту Ярина – на 37,9 % лише за 75 mM NaCl. Отже, адаптивний потенціал *C. arietinum* сорту Ярина порівнюючи з сортом Буджак за параметрами росту і водообміну за змодельованого хлоридного засолення є вищим.

Таким чином, для дослідження процесу адаптації рослин до абіотичних факторів навколишнього середовища хорошим модельним об'єктом може слугувати нут звичайний і змодельоване хлоридне засолення. Під час дослідження адаптивного потенціалу *C. arietinum* сортів Буджак і Ярина майбутні вчителі біології набувають навичок формування основних ключових компетентностей у природничих науках і технологіях в учнів з навчального предмету «Біологія і екологія».

Список літератури

1. Колесніков М. О., Кадиров Т. Р. Рекомендації по вирощуванню нуту в умовах півдня України. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. 44 с.
2. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти з навчального предмету «Біологія і екологія», 10-11 класи, профільний рівень (наказ № 1407 від 23.10.2017) URL: https://osvita.ua/school/program/program-10-11/58916/

3. Січкар В. І., Лаврова Г. Д., Колояніді Н. О., Джус Т. О. Нут – перспективне джерело харчового білка. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 19, 2023. С. 172–193.
4. Тітова А. Є., Пузік В. К. Перспективи вирощування та використання нуту під час глобальних змін клімату. *Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво.* 2013. №9. С. 210-214.

УДК 581.1: 633.36/37

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДІВ РОДИНИ *FABACEAE* У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМИ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Пида С. В., Шуль О. Т., Опацький І. І., Сем'янів М. Б.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E - mail: spyda@ukr.net

Проблема продовольчої безпеки є глобальною, оскільки стосується практично всіх країн світу, в тому числі й України. На її вирішення впливає низка різних чинників зовнішнього і внутрішнього характеру, які стосуються не лише сільського господарства і аграрної сфери, але і всієї економіки, залежить від національної і економічної безпеки та міжнародної ситуації. Значимість продовольчої безпеки визначається сукупністю об'єктивних і суб'єктивних причин, які тісно пов'язані з іншими глобальними проблемами планети – екологічними, енергетичними, демографічними, військовими [1, 6]. У відповідності з прогнозами, у 2050 році на земній кулі проживатиме 9,15 млрд. людей. Суттєве збільшення населення планети потребує постійного зростання виробництва продуктів харчування [7]. Зміни клімату в сторону глобального потепління посилять дію посухи і приведуть до екологічного навантаження на сільськогосподарські угіддя в усьому світі [3]. Військові дії призводять до зменшення посівних площ, знищення енергетичних систем і забруднення природного навколишнього середовища.

У зв'язку з зазначеним вище, види родини Бобові (*Fabaceae*) у сучасних умовах є перспективними у вирішенні проблеми продовольчої безпеки України. З кожним роком їх посівні площі

збільшуються, оскільки культури характеризуються здатністю до біологічної фіксації молекулярного азоту і відтак сприяють біологізації землеробства та зменшенню застосування мінеральних азотних добри, зниженню антропогенного навантаження на агроекосистеми, високим умістом у насінні й надземній масі білків, значним ступенем адаптації до змін клімату, особливо – підвищення температури та нестабільного рівня зволоження ґрунту. З поміж низки видів, що є важливими харчовими, кормовими, технічними та декоративними культурами особливе значення у вирішенні продовольчої безпеки України мають нут звичайний (*Cicer arietinum* L.), квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* (L.) Merr.) та боби (*Faba bona* Medic.) [2].

У зв'язку з військовими діями у південних регіонах України скоротилися посівні площі під нутом звичайним. Завдяки високій посухостійкості зазначений вид впевнено просувається в мінливі кліматичні умови зони Лісостепу, формує високі урожаї там, де інші культури неспроможні. Ця важлива сільськогосподарська рослина може вирішити проблему дефіциту харчового та кормового білків, оскільки характеризується високим умістом у насінні протеїнів (24-32 %), які є збалансованими за амінокислотним складом, вуглеводів (50-60 %), олії (4-7 %), накопичує вітаміни A, B_2, B_3 B_6, C, PP та мінеральні речовини (2-5 %) [2, 4]. Використання зерна нуту звичайного в раціоні людини сприяє зниженню кількості холестерину в крові, запобігає розвитку остеопорозу, атеросклерозу, цукрового діабету, ожиріння, підвищує загальні адаптивні властивості організму. Наявність у насінні ізофлавонів (речовини поліфенольної природи) сприяє профілактиці захворювань серцево-судинної системи та розвитку онкології, знижує тиск крові, стримує накопичення тромбоцитів, запобігає передчасному старінню і допомагає організму краще адаптуватися до мінливих факторів зовнішнього середовища [7]. Нут звичайний має важливе агротехнічне значення. Завдяки біологічній фіксації нітрогену нутово-ризобіальними системами культура залишає в ґрунті 100-120 кг/га азоту, що еквівалентно внесенню у ґрунт майже 300 кг аміачної селітри. Відмерлі бульбочки та пожнивні кореневі рештки слугують важливим джерелом біологічної маси, за рахунок якої у ґрунті може збільшуватись уміст гумусу. Добре

розвинена коренева система нуту звичайного поглинає важкодоступні для інших культурних рослин мінеральні сполуки як з орного так і з більш глибоких шарів ґрунту, економно витрачає воду, є морозо-, посухо- і жаростійкою культурою, також теплолюбною і типовим ксерофітом 2, 4, 7].

Квасоля звичайна є традиційною і стратегічно необхідною сільськогосподарською культурою для України. За літературними даними посівні площі під квасолею у 2024 р. становили 50 тис. га, але зростання попиту для експорту в Європу сприятиме їх збільшенню. Насіння квасолі також характеризується високим умістом білків (22-30%), збалансованим за амінокислотним складом, які за якістю не поступаються тваринним, містить клітковину, вуглеводи (45-55%), ліпіди (1,8%), значну кількість мінеральних речовин (K, Ca, Mg, Na, Fe, P, I) та вітамінів групи А, B_1, B_2, С та ін. Квасоля звичайна здатна утворювати симбіоз із понад 30 видами бульбочкових бактерій і шляхом біологічної азотфіксації забезпечувати себе азотистими речовинами, сприяти зростанню кількості нітрогену в ґрунті та поліпшенню його родючості, зростанню врожайності інших культур у сівозмінах [2, 3].

Важливою харчовою і кормовою культурою є боби. Їх насіння (100 г) характеризується високою калорійністю (56,8 кілокалорій), здатне накопичувати вуглеводи (8,5 г моно- і дисахаридів – 1,6 г), органічні кислоти – 0,7 г, крохмаль – 6 г, олії – 0,1 г, білки – 6 г, харчові волокна – 0,1 г, воду – 83 г. У перерахунку на суху речовину зерно бобів містить 25-35 % протеїнів, 48-55 % полісахариду крохмалю, 1,5% олії, 1 кг насіння бобів містить 280-300 г перетравного протеїну, тобто у три рази більше порівнюючи з зерном вівса. Боби містять у насінні вітаміни А, В1 , В2, В6, С, РР, які є необхідними для організму людини, а також дуже важливі мінеральні елементи, такі як фосфор і залізо [2]. З вареного насіння бобів готують салати, вінегрети, соуси, супи, кашу, холодні закуски. Боби формують взаємовигідні симбіотичні відносини з *Rhizobium leguminosarum* і в результаті біологічної фіксації засвоювати з атмосфери за період вегетації до 140 кг/га молекулярного нітрогену [2, 5] а також залишати значну його кількість (30-50 кг/ га) з післяжнивними та кореневими залишками, що робить їх хорошим попередником у сівозміні для

більшості сільськогосподарських культур [5]. Боби як ущільнюючу культуру вирощують у посівах квасолі, кормових буряків та картоплі, дерть із зерна, зелену масу і солому використовують на корм тваринам.

Отже, завдяки біологічним особливостям, здатності до симбіотичної фіксації молекулярного азоту бобово-ризобіальними системами, поживній цінності зерна та надземної маси, агротехнічному значенню види родини Бобові (*Fabaceae*) у сучасних умовах культивування є перспективними культурами у вирішенні проблеми продовольчої безпеки України.

Список літератури

1. Глушков О.А. Продовольча безпека: сутність, еволюція поняття та сучасні імперативи забезпечення. *Економічний простір*. №200. 2025. С.144–150.
2. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів, 2010. С. 41-47.
3. Мікроорганізми в стабілізації агроекосистем. За ред. В.П. Патики і В.В. Волкогона. 2024. Ніжин.: Видавець ПП Лисенко М.М. 352 с.
4. Колесніков М. О., Кадиров Т. Р. Рекомендації по вирощуванню нуту в умовах півдня України. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. 44 с.
5. Нідзельський, В. А., Мокрієнко В. А. Кормові боби - цінна зернобобова культура. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України* : *Серія: Агрономія.* 2014. Вип. 176. С. 71-75.
6. Панцирева Г. В. Оцінка якості насіння зернобобових культур задля гарантування продовольчої безпеки України. Сучасні досягнення природничих наук: матеріали всеукр. наук.-практ. конф., (м. Полтава, 16 травня 2024 р.). Полтава, 2024. С. 119–124.
7. Січкар В. І., Лаврова Г. Д., Колояніді Н. О., Джус Т. О. Нут – перспективне джерело харчового білка. *Journal of Native and Alien Plant Studies. 19, 2*023. С. 172–193.

УДК 581.1:633.15:631.811.98:535.372

ВПЛИВ СИНТЕТИЧНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ПАРАМЕТРИ ФОТОХІМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ФОТОСИСТЕМИ ІІ У КУКУРУДЗИ СОЛОДКОЇ

Рогач В. В., Мазуркевич А. Я.

Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
E-mail: mazurkevichanastasiya@gmail.com

Сучасний стан розвитку зернового господарства вимагає високих і стабільних врожаїв незалежно від погодних умов, процесів дозрівання, підвищення стійкості до несприятливих умов середовища. Застосування регуляторів росту і розвитку дозволяє регулювати окремі етапи онтогенезу рослин та впливати на майбутню врожайність сільськогосподарських культур [3].

Сьогодні фітофізіологія та агробіологія мають значний арсенал морфорегуляторів як стимулюючого, так й інгібуючого напрямку впливу, які є аналогами або модифікаторами дії нативних фітогормонів. Регулятори росту призводять до гармонізації біологічних процесів у рослині, що зумовлено певним співвідношенням різних типів ендогенних фітогормонів на відповідних етапах росту. Вони дають можливість реалізувати програми розвитку, що закладені в геномі рослини природою або ж селекційними процесами [4]. Найбільш застосовуваною групою морфорегуляторів є нативні та синтетичні стимулятори росту та розвитку рослин [5].

Солодка кукурудза – цінна харчова культура, яка багата на легкозасвоювані вуглеводи, вітаміни групи В, аскорбінову кислоту, каротиноїди та мінеральні речовини, що робить її важливою для раціонального харчування людини. Її промислове значення полягає у використанні зерна для консервування, заморожування, виробництва крохмалю, сиропів та харчових концентратів. Лікарське значення пов’язане з наявністю антиоксидантів, харчових волокон і біологічно активних сполук, які сприяють нормалізації травлення, зниженню рівня холестерину та підтримці серцево-судинної системи [1].

У зв’язку з вище зазначеним, важливо з’ясувати вплив стимуляторів росту на активність функціонування

фотосинтетичного апарату, зокрема фотосистеми II, у кукурудзи солодкої.

Дослідження проводили на навчально-дослідних полях Вінницької обласної станції юних натуралістів. Рослини кукурудзи солодкої сорту Джамала у фазу 5 справжніх листків обробляли за допомогою ранцевого оприскувача СО-12 «Marolex» 0,005%-ми розчинами регуляторів росту 1-нафтилоцтовою кислотою (1-НОК) та 6-бензиламінопурином (6-БАП).

Активність фотосинтетичного апарату вивчали за параметрами індукції флуоресценції хлорофілу. З цією метою було використано портативний однопроменевий флуориметр «Флоратест», розроблений Інститутом кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України. У виносному оптоелектронному сенсорі знаходиться світлодіод з максимальною інтенсивністю випромінювання на $\lambda = (470 + 20)$ нм. Показники опромінення в сенсорі: довжина хвилі опромінення 470 + 15 нм; площа опроміненої плями не менше 15 мм^2; освітленість в межах плями не менше 2,4 Вт/м^2. Показники приймання сигналу в оптоелектронному сенсорі: спектральний діапазон вимірювання інтенсивності флуоресценції від 670 до 800 нм; площа приймального вікна 9 мм^2; чутливість фотоприймача на $\lambda = 650$ нм 0,45 A/W. Прилад фіксував дані 90 разів за законом $\sqrt[5]{t}$. Час експозиції 240 с. Результати отримували у вигляді кривої Каутського, яка відображає часову залежність інтенсивності флуоресценції хлорофілу [2]. Повторюваність вимірювань п'ятиразова.

Результати наших досліджень свідчать, що регулятори росту змінювали показники кривої Каутського. У фазу цвітіння обидва препарати достовірно знижували час досягнення тимчасового сповільнення флуоресценції хлорофілу (*Fp*), стаціонарний рівень флуоресценції (*Fs*) та максимальне значення флуоресценції (*Fm*). Серед регуляторів росту згадані значення були суттєво нижчими за обробки ауксиновим препаратом. Також достовірно нижчим контролю був рівень варіабельної флуоресценції (*Fv*) за дії 1-НОК та мав тенденцію до зниження після застосування 6-БАП.

Максимальну квантову ефективність фотохімічних реакцій фотосистеми II (ФСІІ) *(Fv/Fm = Kl)* використовують як критичний індикатор продуктивності фотосинтетичного апарату. Результати

наших досліджень свідчать, що за дії ауксинового та цитокінінового препаратів показник перевищував контроль на 38 та 15%, відповідно.

Коефіцієнт зниження флуоресценції хлорофілу корелює з інтенсивністю асиміляції CO_2 рослиною *((Fm–Fs)/Fs=Kg)*. Цей показник достовірно перевищував контроль за обробки обома росторегуляторами. 1-НОК збільшувала показник на 82%, а 6-БАП на 31%.

Фактична квантова ефективність фотохімії ФСІІ характеризує швидкість лінійного транспорту електронів *(Fm–Fs)/Fm=Kf*) і вказує на рівень активності фотосинтетичних процесів в рослині. Нами встановлено, що показник перевищував контрольні значення на 62% за обробки 1-НОК та на 25% після застосування 6-БАП.

Коефіцієнт фотохімічного гасіння флуоресценції хлорофілу, що характеризує частку відкритих реакційних центрів ФСІІ *(Fm–(Fs)/(Fm–Fo)=Kq)*, достовірно перевищував контроль у фазу цвітіння після застосування 1-НОК (19%) та мав тенденцію до зростання за дії 6-БАП (9%).

Показник частки реакційних центрів ФСІІ, що не відновлюють акцептор Q_B *((Fp–Fo)/Fv=Kn)*, характеризує відносну кількість неактивних реакційних центрів, які не беруть участі у транспорті електронів на пул пластохінонів. У контрольних рослин частка Q_B-невідновлювальних центрів у фазу цвітіння була достовірно більшою, ніж у варіанті з регуляторами росту. 1-НОК знижувала цей показник на 31%, а 6-БАП на 14%.

Отже, регулятори росту оптимізували фотосинтетичний апарат культури кукурудзи солодкої шляхом інтенсифікації асиміляції CO_2, підвищення коефіцієнту фотохімічного гасіння флуоресценції хлорофілу, з одночасним зниженням показника частки реакційних центрів ФСІІ, що не відновлюють акцептор Q_B.

Список літератури

1. Akter N., Islam M. R., Karim M. A., Hossain T. Effect of gibberellic acid on growth and yield of maize. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 2014. Vol. 39, No 3. P. 397–410.
2. Brestic M., Zivcak M. PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature stress signal in crop plants: protocols and applications. Molecular Stress Physiology of

Plants / eds. G. Rout, A. Das. India : Springer, 2013. P. 87–131. https://doi.org 10.1007/978-81-322-0807-5
3. Effects of drought on photosynthetic induction in leaves of different wheat genotypes under dark-to-light transition / A. S. Kedruk et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024. Vol. 15, No. 3. P. 504–513. URL: https://doi.org/10.15421/022471
4. Kuryata V. G., Poprotska I. V., Rogach T. I. The impact of growth stimulators and retardants on the utilization of reserve lipids by sunflower seedlings. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. Vol. 8, No. 3. P. 317–322. URL: https://doi.org/10.15421/021750
5. Rohach V. V. Influence of growth stimulants on photosynthetic apparatus, morphogenesis and production process of eggplant (*Solanum melongena*). *Biosystems Diversity*. 2017. Vol. 25, No. 4. P. 297-303. URL: https://doi.org/10.15421/011745

УДК:635.615:631.541.1:581.1

ОСОБЛИВОСТІ МОРФОФІЗІОЛОГІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ЩЕПЛЕНИХ РОСЛИН *CITRULLUS LANATUS* В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Кравець М. Я., Грицак Л. Р.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: kravets@chem-bio.com.ua

Практика щеплення овочевих культур, зокрема гарбузових, почала активно використовуватися в останнє десятиліття. Серед гарбузових технології щеплення найчастіше застосовуються до кавуна звичайний (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai). У деяких країнах відсоток щепленого посадкового матеріалу кавунів коливається від 95 до 100 %. Технологія щеплення баштанних культур виникла близько століття тому в Японії та Кореї. Вона пройшла шлях від вузькоспеціалізованого методу боротьби з фузаріозним в'яненням до комплексного інструменту підвищення стійкості рослин [1]. Сучасні дослідження підтверджують, що щеплення дозволяє підвищити стійкість рослин до біотичних та абіотичних стресів, оскільки: покращує засвоєння поживних речовин, оптимізує водний режим рослин, зменшує негативний вплив перезволоження на функціонування фотосинтетичного

апарату кавуна звичайного, підтримує стабільну роботу продихів та сприяє ефективнішому поглинанню CO_2 навіть у стресових умовах. Оптимізація фізіологічних процесів сприяє значному підвищенню показників урожайності рослин кавунів [4].

Мета нашої роботи полягала у дослідженні змін морфологічних і фізіологічних показників щеплених рослин *C. lanatus* гібриду Топган за росту в умовах Лісостепу України.

Дослідження проводилися на базі агробіолабораторії ТНПУ ім. В. Гнатюка (Тернопільська область) в лабораторних умовах і в умовах відкритого ґрунту із використанням рослин кавуна звичайного (*C. lanatus*) гібридної форми «Топган». Схема досліджень передбачала вивчення змін морфологічних та фізіологічних параметрів у контрольній групі рослин (К, кореневласні рослини гібриду) і дослідному варіант і(Д), де рослини кавуна були щеплені на гарбуз мускатний (*Cucurbita moschata* Duch.). Технологія щеплення передбачала проведення таких етапів: посів насіння підщепи (*C. moschata*), посів насіння гібриду «Топган», отримання рослин, щеплення, адаптація та висадка щеплених рослин у відкритий ґрунт [3]. Щеплення здійснювали методом «однієї сім'ядолі», який передбачає зрізання точки росту підщепи під кутом 30–45° та з'єднання її з прищепою за допомогою спеціальної скоби з дотриманням суворої стерильності інструментів. Після процедури саджанці витримували упродовж 7 діб у герметичних пакетах за температури 18-20° С, після чого поступово загартовували і згодом висаджували у відкритий ґрунт.

Динаміку морфометричних і фізіологічні параметри визначали на усіх етапах онтогенезу рослин. Ростові процеси у рослин оцінювали за такими морфометричними параметрами: кількість листків, довжина головного та бічних пагонів, площа одного листка. Для визначення площі листка використовували мобільну програму *Petiole* Pro Basic. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках визначали методом екстракції диметилсульфоксидом [ДМСО, (CH3)2SO2] за методикою Б. Х. Межунца при 65°С із наступним визначенням коефіцієнтів екстинкції отриманих розчинів на спектрофотометрі UIT SFU-0172. Вологоутримуючу здатність тканин листка визначали за методикою лабораторного в'янення, яка ґрунтується на

оцінюванні динаміки втрати маси зразків упродовж експозиції в контрольованих умовах. Статистичну обробку результатів проводили методом дисперсійного аналізу (ANOVA) із застосуванням критерію Тьюкі (Honestly Significant Difference) для оцінювання достовірності відмінностей між груповими середніми з використанням програмного забезпечення Prism 6. Рівень статистичної значущості у дослідженні встановлювали на рівні $p \leq 0,05$.

Результати досліджень показали, що застосування технології щеплення впливає на морфометричні показники рослин *C. lanatus* [2]. Результати досліджень показали, що щеплення сприяє покращенню морфометричних показників кавуна сорту Топган на всіх стадіях онтогенезу. Вже на початкових етапах розвитку у особин дослідної групи кількість листків була більшою на 20,5%, кількість додаткових пагонів – на 66,7%, а кількість закладених бутонів перевищила контроль у 2,5 раза. У рослин контрольної групи лише показник довжина головного пагону був вищим на 9,6% порівняно із дослідним варіантом.

Щеплення забезпечило потужний стартовий розвиток асиміляційного апарату. Так, на початкових етапах розвитку площа листкової пластинки щеплених рослин перевищувала на 47,4% показники контрольної групи. Однак на феностадіях цвітіння та плодоношення площа листкової пластинки рослин дослідної групи була меншою порівняно з контролем. Ймовірно, це зумовлено пріоритетним перерозподілом поживних речовин на формування репродуктивних органів.

Відомо, що вміст фотосинтетичних пігментів у листках є важливим індикатором їх адаптивного потенціалу та загального фізіологічного стану щеплених рослин [5]. Отримані дані свідчать про те, що використання мускатного гарбуза як підщепи впливає на кількісний вміст хлорофілів та каротиноїдів прищепи упротягом усього періоду вегетації. На стадії активного росту загальний вміст пігментів у щеплених рослин був на 2,9% вищим за контроль, при цьому співвідношення хлорофілів *a* до *b* зросло на 15,4%. Найбільший позитивний ефект зафіксовано на стадії цвітіння, коли загальний вміст пігментів у щеплених зразках перевищив контроль на 26,6%, зокрема за вмістом каротиноїдів – на 33,9%. Проте на стадії плодоношення динаміка була іншою:

вміст пігментів у дослідних рослин знизився на 10,9% порівняно з контролем.

Важливим показником адаптації кавуна до умов вирощування є водоутримувальна здатність його листкового апарату, яка визначає стійкість рослин до короткочасного водного стресу. Згідно з отриманими даними, щеплені рослини упродовж онтогенезу демонстрували вищу здатність до збереження вологи порівняно з контрольними. На початкових етапах розвитку рівень водного насичення дослідного варіанта був на 8,5% вищим, а на стадії масового цвітіння щеплені рослини зберігали на 5,3% більше вологи навіть після 24 годин в'янення.

Отже, на основі проведених досліджень встановлено, що щеплення рослин кавуна звичайного (*Citrullus lanatus*) гібриду Топган на підщепу гарбуза мускатного (*Cucurbita moschata*) в умовах Лісостепу України є ефективним інструментом інтенсифікації ростових процесів, оптимізації водного балансу та підвищення вмісту пігментів. Усі це покращує роботу фотосинтетичного апарату, впливає на фотосинтетичну потужність рослин кавуна звичайного та агроценозу у цілому в нетипових умовах вирощування.

Список літератури

1. Devi P., Lukas S., Miles C. Advances in watermelon grafting to increase efficiency and automation. *Horticulturae.* 2020. № 6. P. 88.
2. Khapte P.S., Kumar P., Panwar N.R., Burman U., Rouphael, Y., Kumar P. Combined influence of grafting and type of protected environment structure on agronomic and physiological traits of single and cluster-fruit-bearing cucumber hybrids. 2021. *Agronomy.* Vol.11, № 8. 1604 p.
3. Lee J.M., Kubota C., Tsao S.G., Bie Z.; Hoyos Echevarria, P., Morra L., Oda M. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae.* 2010. Vol. 127. pp. 93–105.
4. Schwarz D., Rouphael Y., Colla G., Venema, J.H. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae.* 2010. Vol. 127. pp. 162-171.

5. Yang L., Xia L., Zeng Y., Han Q. Grafting enhances plants drought resistance: Current understanding, mechanisms, and future perspectives. Front. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. doi: 10.3389/fpls.2022.1015317

УДК 633.854.78:631.15:504.03

ФАКТОРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

Москалюк Н. В., Ковальчук М. О., Поріцький О. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: mari.galana19@gmail.com

На сьогодні соняшник належить до найпопулярніших сільськогосподарських культур у світовому агровиробництві, через що географія його вирощування невпинно розширюється. Зокрема, за останнє сторіччя глобальні площі під цією культурою зросли більш ніж удвічі – з 12,4 млн га до майже 29,0 млн га [1]. Проте масштабування посівних площ соняшнику супроводжується посиленням деструктивного впливу на стан агроекосистем.

Мета дослідження полягає в ідентифікації та оцінці ключових агроекологічних ризиків, зумовлених надмірною концентрацією посівних площ соняшнику в Україні, а також в обґрунтуванні екологічно безпечних чинників інтенсифікації, що забезпечують формування високої продуктивності культури.

У 2021–2022 маркетинговому році глобальне валове виробництво соняшнику досягло рекордного показника, перевищивши 57,2 млн тонн. Світові посівні площі під цією культурою у зазначений період розширилися до 28,75 млн га, що на 7% перевищило рівень попереднього сезону і стало абсолютним максимумом за всю історію його промислового вирощування [2]. Широкий ареал культивування соняшнику, який охоплює близько 60 країн світу, підтверджує його високий потенціал екологічної пластичності. Згідно зі статистичними даними 2021-2022 маркетингового року, ключовими світовими виробниками цієї олійної культури виступили Україна (17,50 млн тонн), Аргентина (3,35 млн тонн), Китай (2,90 млн тонн), а також країни

Європейського Союзу із сумарним показником 9,80 млн тонн [3].

В агропромисловому комплексі України соняшник посідає одне з ключових місць, демонструючи стрімку динаміку розширення площ та інтенсифікації виробництва. Упродовж останніх двадцяти років площі під цією олійною культурою збільшилися вчетверо (з 1,6 до 7,1 млн га), тоді як обсяги валового збору зросли десятикратно. Зокрема, за аналізований період виробництво насіння соняшнику збільшилося з 9,02 млн тонн у 2012–2013 році до 17,5 млн тонн у 2021–2022 році. Основними чинниками такої високої продуктивності в Україні є природно-ресурсний потенціал (зокрема висока родючість ґрунтів), впровадження інноваційних високоадаптивних гібридів, а також перехід на інтенсивні технології вирощування. Останні передбачають оптимізацію систем мінерального живлення, збалансований хімічний та біологічний захист рослин і залучення високотехнологічного машинно-тракторного парку [4]. За абсолютними масштабами посівних площ соняшнику Україна (7,1 млн га) посідає друге місце у світі, поступаючись лише росії (9,6 млн га) та випереджаючи Аргентину (1,96 млн га), Китай (0,89 млн га) і США (0,50 млн га). Проте в Україні зафіксовано найбільшу частку соняшнику у структурі посівних площ – 21,6%, що значно перевищує показники інших країн-лідерів [3].

Однією з ключових передумов підвищення ефективності агровиробництва є впровадження науково обґрунтованої структури посівних площ та раціональних сівозмін, які забезпечують оптимізацію міжвидового співвідношення культур. Освоєння сівозмін не потребує додаткових капіталовкладень, проте дає змогу суттєво підвищити врожайність і рентабельність вирощування рослин, сприяє збереженню та відтворенню родючості ґрунтового покриву, регулює його водний та поживний режими, а також покращує загальний фітосанітарний стан посівів [5].

Недотримання технологічних вимог та ігнорування впливу цієї культури на продуктивність наступних ланок сівозміни призводить до деградації агроекологічного стану ґрунтів і ставить під загрозу екологічну безпеку отриманої продукції. Зокрема, фіксується критичне скорочення рекомендованого періоду ротації соняшнику. У багатьох господарствах його розміщують у

повторних або беззмінних посівах, а також використовують біологічно та агротехнічно невідповідні попередники. Нарощування обсягів виробництва насіння соняшнику безпосередньо корелює з підвищенням його врожайності. Забезпечити таку динаміку можливо лише за умови комплексної інтеграції передових агротехнологій, залучення нових високоврожайних гібридів та суворого дотримання науково обґрунтованих сівозмін [5].

У сучасній агрономічній практиці виділяють два ключові шляхи збільшення валових зборів соняшнику: екстенсивний, який базується на розширенні посівних площ, та інтенсивний, що передбачає впровадження інноваційних технологічних прийомів і додаткові капіталовкладення для максимізації продуктивності. Оскільки обидва підходи мають певні екологічні деструктивні наслідки, пріоритетним чинником сталого розвитку галузі стає раціональне та екологічно збалансоване управління сільськогосподарським виробництвом.

Перспективним напрямом підвищення ефективності культивування соняшнику є впровадження інноваційних екологічно спрямованих технологій виробництва. Вони передбачають використання високопродуктивного, адаптивного до несприятливих чинників довкілля селекційного матеріалу, застосування раціонального обробітку ґрунту, оптимізацію мінерального живлення з акцентом на біопрепарати, позакореневі підживлення, сидерацію та повне повернення в агроценоз рослинних решток попередників. Важливе місце посідає також залучення органічних добрив, введення до сівозміни багаторічних трав та інтегрований захист посівів від бур’янів, фітопатогенів і шкідників на основі біопестицидів та агротехнічних заходів [1].

Безпідставне розширення клину соняшнику з порушенням його питомої ваги у структурі ріллі, а також надмірна хімізація землеробства через внесення високих доз мінеральних добрив і синтетичних пестицидів спричиняють акумуляцію токсичних сполук у ґрунтовому покриві. Наслідком цього є ризик отримання екологічно небезпечної агропродукції, що не відповідає нормативним стандартам якості.

Задля гармонізації балансу між інтенсивним агровиробництвом та раціональним природокористуванням

виникає потреба в модернізації існуючих технологічних систем. Це передбачає науково обґрунтований добір сортового та гібридного складу, суворе дотримання ротації культур у сівозміні, оптимізацію частки соняшнику в структурі посівів, а також перехід на екологізовані системи живлення. Останні мають базуватися на комплексному застосуванні мікродобрив, позакореневих підживлень, сидерації, повному поверненні пожнивних решток в агроценоз та інтегрованому екологічно безпечному захисті посівів від шкодочинних організмів.

Список літератури

1. Офіційний аналітичний сайт IndexMundi. URL: https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=sunflowerseed-oilseed&graph=area-harvested (дата звернення: 07.05.2026).
2. Виробництво соняшнику по країнах. URL: http://www.worldagriculturalproduction.com/crops/sunflower.aspx
3. ТОП–10 країн виробників соняшнику у 2021/22 м.р. URL: https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-sonyashniku-2021-22-mr
4. Сільськогосподарське виробництво. *Євростат*. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database (дата звернення: 07.05.2026).
5. Козлова О. П. Продуктивність соняшнику при застосуванні біопрепаратів та стимуляторів росту у технології вирощування на півдні України. *Дисертація на здобуття ступеня к. с.-г. н.:* 06.01.09. ХДАУ. Херсон. 2019. 184 с.

УДК 582.4/.9:502.75(477.84)

АНАЛІЗ РАРИТЕТНОЇ ФРАКЦІЇ ФЛОРИ ГОЛИЦЬКОГО БОТАНІЧНОГО ЗАКАЗНИКА ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ

Яворівський Р. Л., Семенюк К. Р., Яворівський А. Р.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: forik-botan@i.ua

Інвентаризація флори та її всебічний аналіз належать до найважливіших завдань флористичних досліджень і є основою для

оцінки рослинного різноманіття будь-якого регіону. На підставі досліджень, які включали аналіз літературних джерел [3–5], опрацювання гербарних фондів кафедри ботаніки та зоології ТНПУ імені Володимира Гнатюка, польові маршрутні обстеження, виконання геоботанічних описів, збір власних гербарних матеріалів та аналіз поширення окремих видів у межах території заказника, було встановлено й підтверджено зростання 337 видів вищих судинних рослин, що належать до 4 відділів, 5 класів, 68 родин і 233 родів.

Унікальність флори Голицького ботанічного заказника насамперед визначається високою концентрацією созологічно цінних видів, що формують його раритетну фракцію. За результатами проведених досліджень встановлено, що із 337 видів вищих судинних рослин, виявлених на території заказника, 25 видів (7,4 %) занесено до «Червоної книги України. Рослинний світ» (2009). Вони належать до 10 родин, серед яких найчисельніше представлена родина Зозулинцеві (*Orchidaceae* Juss.), до складу якої входить 11 видів: билинець довгорогий або комарниковий (*Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br.), билинець найзапашніший (*G. odoratissima* (L.) Rich.), булатка довголиста (*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch.), гніздівка звичайна (*Neottia nidus-avis* (L.) Rich.), зозульки бузинові (пальчатокорінник бузиновий) (*Dactylorhiza sambucina* (L.) Soó), зозулинець шоломоносний (*Orchis militaris* L.), зозулині сльози яйцеподібні (*Listera ovata* (L.) R. Br.), коручка темно-червона (*Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser), коручка болотна (*E. palustris* (L.) Crantz), любка дволиста (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.) та плодоріжка салепова (зозулинець салеповий) (*Anacamptis morio* (L.) R. M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase).

По три раритетні види належать до родин Айстрові (*Asteraceae* Dumort.) та Жовтецеві (*Ranunculaceae* Juss.). Зокрема, родина Айстрові представлена відкасником осотоподібним (*Carlina cirsioides* Klokov), відкасником татарниколистим (дев'ятисилом татарниколистим) (*C. onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawł.) та жовтозіллям Бессера (*Senecio besserianus* Minder.). До родини Жовтецеві належать вітеринка нарцисоквіткова (анемона нарцисоквіткова) (*Anemone narcissiflora* L.), сон великий (*Pulsatilla grandis* Wender.) і горицвіт весняний

(*Adonis vernalis* L.).

Двома видами представлена родина Бобові (*Fabaceae* Lindl.): підковка чубата (гіпокрепіс чубатий) (*Hippocrepis comosa* L.) та конюшина червонувата (*Trifolium rubens* L.). По одному виду відзначено у складі родин Злакові (*Poaceae* Barnhart) – ковила найкрасивіша (*Stipa pulcherrima* C. Koch), Лілійні (*Liliaceae* Juss.) – лілія лісова (*Lilium martagon* L.), Молочайні (*Euphorbiaceae* Juss.) – молочай волинський (*Euphorbia volhynica* Besser ex Racib.), Тимелеєві (*Thymelaeaceae* Juss.) – вовче лико пахуче (*Daphne cneorum* L.), Розові (*Rosaceae* Juss.) – шипшина Чацького (*Rosa czackiana* Bess.) та Рутові (*Rutaceae* Juss.) – ясенець білий (*Dictamnus albus* L.) [1].

Поряд із червонокнижними рослинами вагому частку раритетної фракції флори заказника формують регіонально рідкісні таксони. У межах території площею лише 60 га встановлено зростання 31 виду, включеного до «Переліку рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення рослинного світу на території Тернопільської області» (рішення Тернопільської обласної ради від 1 червня 2011 р. № 1192). Це становить 27.7 % від загальної кількості регіонально рідкісних рослин області (112 видів), що підкреслює виняткову созологічну цінність Голицького ботанічного заказника. До групи регіонально рідкісних видів належать: аспленій муровий (*Asplenium ruta-muraria* L.), астранція велика (*Astrantia major* L.), вишня кущова або степова (*Cerasus fruticosa* (Pall.) Woron.), вовчі ягоди звичайні або вовче лико (*Daphne mezereum* L.), волошка тернопільська (*Centaurea ternopoliensis* Dobrocz.), воронець колосистий (*Actaea spicata* L.), в'язіль увінчаний (*Coronilla coronata* L.), гадючник звичайний (*Filipendula vulgaris* Moench), гіацинтик блідий (*Hyacinthella leucophaea* (C. Koch) Schur), грушанка мала (*Pyrola minor* L.), заяча конюшина Шиверека (*Anthyllis schiwereckii* (DC.) Blocki), зубниця бульбиста (*Dentaria bulbifera* L.), кадило сарматське (*Melittis sarmatica* Klok.), конвалія звичайна (*Convallaria majalis* L.), конюшини блідо-жовта (*Trifolium ochroleucon* Huds.), гірська (*T. montanum* L.) та паннонька (*T. pannonicum* Jacq.), маруна щиткова (*Pyrethrum corymbosum* (L.) Scop.), осока низька (*Carex humilis* Leys.), перстач білий (*Potentilla alba* L.), півники угорські (*Iris hungarica* Waldst. et Kit.), плющ

звичайний (*Hedera helix* L.), синяк плямистий (*Echium maculatum* L.), сизюринхій гірський (*Sisyrinchium montanum* Greene), скорзонера або зміячка пурпурова (*Scorzonera purpurea* L.), стародуб широколистий (*Laserpitium latifolium* L.), тринія багатостеблова (*Trinia multicaulis* Schischk.), ферульник лісовий (*Ferulago sylvatica* (Bess.) Reichenb.), холодок лікарський (*Asparagus officinalis* L.), чебрець Маршаллів (*Thymus marschallianus* Willd.), юринея вапнякова (*Jurinea calcarea* Klok.) [2].

Окрім того, у флорі заказника представлені 23 види, які хоча й не мають офіційного природоохоронного статусу на регіональному рівні, однак, на нашу думку, є досить рідкісними на території Тернопільської області. До них належать анемона лісова (*Anemone sylvestris* L.), ахірофорус плямистий (*Achyrophorus maculatus* (L.) Scop.), береза пухнаста (*Betula pubescens* Ehrh.), буквиця лікарська (*Betonica officinalis* L.), бурачок Гмеліна (*Alyssum gmelinii* Jord.), вероніка австрійська (*Veronica austriaca* L.), віхалка гілляста (*Anthericum ramosum* L.), воловик Баррельє (*Anchusa barrelieri* (All.) Vitm.), волошка стиснута (*Centaurea stricta* Waldst. et Kit.), гвоздика картузіанська (*Dianthus carthusianorum* L.), дуб скельний (*Quercus petraea* Liebl.), лемботропіс чорніючий (*Lembotropis nigricans* (L.) Griseb.), наперстянка великоквіткова (*Digitalis grandiflora* Mill.), кардамінопсис пісковий (*Cardaminopsis arenosa* (L.) Hayek), перстач прямостоячий або калган (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch.), пухівка багатоколоскова (*Eriophorum polystachyon* L.), самосил гірський (*Teucrium montanum* L.), сонцецвіт яйцеподібний (*Helianthemum ovatum* (Viv.) Dun.), смовдь Любименка (*Peucedanum lubimenkoanum* Kotov), фітеума куляста (*Phyteuma orbiculare* L.), хвощ зимуючий (*Equisetum hyemale* L.), чемериця чорна (*Veratrum nigrum* L.), шипшина Юндзіла (*Rosa jundzillii* Bess.).

Отже, проведений аналіз засвідчив надзвичайно високу созологічну цінність флори Голицького ботанічного заказника. Із 337 видів вищих судинних рослин, зростання яких підтверджено на його території, 79 видів, тобто 23,4 %, належать до раритетної фракції, сформованої червонокнижними, регіонально рідкісними та додатково виділеними нами видами, що є досить рідкісними для

Тернопільської області. Отримані результати свідчать про виняткову концентрацію флористичного різноманіття та созологічно цінних видів на відносно невеликій території заказника і підтверджують його важливе значення як осередку збереження раритетного фіторізноманіття Тернопільської області.

Список літератури

1. Барна М. М., Барна Л. С., Яворівський Р. Л. та ін. Червонокнижні рослини Голицького ботанічного заказника та їх охорона. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* Тернопіль, 2014. № 3 (60). С. 16–30.
2. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України [електронний ресурс] : довідкове видання / уклад.: Т. Л. Андрієнко, М. М. Перегрим. Київ, 2012. 148 с. URL: http://www.botany.kiev.ua/doc/of_reg_sp.pdf.
3. Яворівський Р. Л. Систематична структура флори Голицького ботаніко-ентомологічного заказника. *Дослідження флори і фауни Західного Поділля* : матер. регіон. наук.-практ. конф., присвяченої 10-річчю створення Голицького біостаціонару ТНПУ ім. Володимира Гнатюка (с. Гутисько, Бережанський р-н, Тернопільська обл., 6–7 трав. 2008 р.). Тернопіль : Вид-во ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2008. С. 23–25.
4. Яворівський Р. Л., Гратковська М. Т. Аналіз флори Голицького ботанічного заказника. *Актуальні проблеми довкілля та здоров'я людини в умовах екологічних і соціальних змін у Європі та в Україні* : матер. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, присвяченої 115-й річниці з дня народження І. І. Яременка (Тернопіль, 24–26 трав. 2018 р.). Тернопіль : Укрмедкнига, 2018. С. 98–100.
5. Яворівський Р. Л., Згурська Т. І., Гратковська М. Т. Голицький ботанічний заказник: систематичний, еколого-ценотичний аналіз флори та перспективи розвитку. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* Тернопіль, 2018. № 2 (73). С. 41–48.

.

РОЗДІЛ 2. БІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН

УДК 595.713:574.24

СТРУКТУРНІ ПЕРЕБУДОВИ ТАКСОЦЕНІВ КОЛЕМБОЛ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННО ЗМІНЕНИХ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

Аторвін О. І., Капрусь І. Я.

Львівський національний університет імені Івана Франка
E-mail: hymyn129878@gmail.com

Антропогенна трансформація лісових екосистем, а саме заміна корінних видів дерев інвазійними зумовлює деградацію ґрунтового середовища. Інвазійні види дерев, змінюючи біохімічнний склад лісового опаду та гідротермічні параметрів ґрунту, докорінно перебудовують умови існування ґрунтової мезофауни, спричиняючи трансформацію її видової та функціональної структури [2].

У цьому контексті таксоцени колембол виступають надійними біоіндикаторами, оскільки їхня висока чутливість до змін мікроклімату та якості субстрату дозволяє кількісно оцінити ступінь антропогенного навантаження на лісовий біогеоценоз [1].

Дослідження проводились у чотирьох типах фітоценозів із насадженнями інвазійних видів деревних рослин (дуб червоний *Quercus rubra*, модрина японська *Larix kaempferi*, сосна чорна *Pinus nigra*) та відповідно чотирьох контрольних біоценозах природного походження на території Яворівського національного природного парку та Винниківського лісопарку. Збір та опрацювання матеріалу проводили за загальноприйнятими у ґрунтовій зоології методиками [3, 4].

В результаті проведених досліджень, загалом виявлено 93 види колембол, із яких 76 видів у природних і 80 – в антропогенно змінених біоценозах. Встановлено, що спільними для обох типів досліджених фітоценозів є 63 види; показники подібності за індексом Жаккара становлять 68 %.

За синекологічною структурою таксоцени колембол в обох варіантах є подібними, на що вказують близькі значення індексів домінування Сімпсона та видового різноманіття Шеннона.

Водночас, у антропогенно трансформованих лісах зафіксовано збільшення видового багатства дослідженої фауни (в 1,1 рази) та зменшення загальної щільності колембол в 1,2 рази. При переході від природних до змінених біоценозів збільшується показник внутрішньоценотичного β-різноманіття (з 9,1 до 10,3), значення індексу Маргалефа (з 8,6 до 9,4) та α Фішера (з 12,4 до 13,9).

На основі аналізу екологічної структури населення колембол, виявлено, що біотопна диференційованість їхнього таксоцену у природних біоценозах є більшою, ніж у антропогенно змінених. Це підтверджують результати оцінки за методом Q – статистики: інтегральний індекс Q для природних біоценозів становить 16,75, тоді як для біоценозів з насадженнями інвазійних дерев – 14,53).

Структура домінування та ієрархія чисельності масових видів в обох типах біоценозів подібна – домінують 5 типово лісових видів (*Folsomia manolachei, Isotomiella minor, Parisotoma notabilis, Lepidocyrtus lignorum, Preudosinella horaki*). Проте при антропогенній заміні деревостану два види (*Ceratophysella silvatica* та *Protaphorura armata*) з групи домінантів переходять до рецедентів, а один вид (*Xenylla brevisimilis*), навпаки, переходить із рецедентів до домінантів.

У спектрі життєвих форм за середнім показником видового багатства для усіх лісових біоценозів домінують верхньопідстилкові біоморфи. Однак за показником відносної чисельності у природних біоценозах переважають верхньоґрунтові таксони, тоді як в антропогенно змінених провідну частку становлять підстилково-ґрунтові колемболи.

Досліджені таксоцени представлені чотирма біотопними групами видів (евритопною, лісо-лучною, лісовою та лучною). За чисельністю евритопні види мають найбільшу частку в обох типах біоценозів (43,3 % та 49,3 % відповідно). Лісові види є найчисельнішою групою за видовим складом (55 видів), але їхня частка у порівнюваних біоценозах різниться.

Для виявлення екологічних аномалій застосовано модифікований індекс Сімпсона. Згідно з проведеним аналізом, таксоцени колембол в антропогенно трансформованих біоценозах отримали інтегральні оцінки «задовільно» та «добре» (їхні зміни

порівняно з контролем становлять не більше ніж 45 % від загального різноманіття). Аналіз біотичного індексу середовища також підтвердив, що екологічний стан ґрунту в ділянках з інвазійними насадженнями є відносно задовільним.

Отже, виявлені в ході досліджень структурні зміни таксоцену колембол під впливом антропогенної заміни корінного едифікатора деревостану на інвазійний можуть бути першими ознаками їхньої деградації та розвитку негативних тенденцій у структурі всієї педобіоти таких лісових біоценозів. Виділено ключові біомаркери таксоценів (таксономічна структура, видовий склад, структура домінування, спектри життєвих форм, співвідношення екологічних груп та синекологічні індекси), які є найчутливішими до заміни корінного едифікатора деревостану на інвазійний. Їхнє комплексне застосування дозволяє ефективно фіксувати ранні стадії трансформації едафотопів і прогнозувати подальшу динаміку цих процесів.

Список літератури

1. Капрусь І. Я. Хорологія різноманіття колембол (філогенетичний, типологічний і фауністичний аспекти) : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.08. Київ, 2013. 41 с.
2. Протопопова В. В., Шевера М. В., Чорней І. І. Та ін. Види-трансформери у флорі Буковинського Передкарпаття. *Український ботанічний журнал*. 2010. Т. 67, № 6. С. 852–864.
3. Dunger W., Fiedler H. J. Methoden der Bodenbiologie. Jena : Gustav Fischer, 1989. 432 p.
4. Hopkin S. P. Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). Oxford ; New York ; Tokyo : Oxford University Press, 1997. 330 p.

УДК 574.1:582/.98

БІОЛОГІЯ, ПОШИРЕННЯ ТА АДАПТАЦІЇ ЦИТРИНЦЯ (*GONEPTERYX RHAMNI*) В УКРАЇНІ

[1]Голіней Г. М., [2]Різун В. Б., [1]Прокоп'як М. З.

[1]Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
[2]Державний природознавчий музей НАН України
E-mail: halyna.holiney@gmail.com

Цитринець, палист крушиновий *Gonepteryx rhamni* (Linnaeus, 1758) є типовим представником родини Білани (Pieridae) ряду Лускокрилі (Lepidoptera). Вид широко розповсюджений у помірній кліматичній зоні Європи, включаючи територію України, а також у Західній Азії та Північній Африці. В ландшафті України *G. rhamni* найчастіше зустрічається в ясенево-дубових і грабово-ясеневих лісах, а також на узліссях, луках і в антропогенних ландшафтах (сади, парки) [1, 2].

Цей метелик привертає увагу не лише завдяки своїй характерній зовнішності, яка відрізняється яскравим забарвленням крил і формою, що забезпечує маскування серед листя, а й через унікальні фізіологічні та поведінкові адаптації до сезонних змін середовища. Зокрема, *G. rhamni* здатний успішно зимувати на стадії імаго, що є рідкісною особливістю серед лускокрилих, дозволяючи йому виживати в умовах холодного клімату та швидко розмножуватися навесні. Актуальність дослідження цього виду зумовлена не лише його екологічною роллю, а й значенням для підтримання біорізноманіття: він є частиною складних трофічних ланцюгів, взаємодіє з різними видами рослин і хижаків, а також може слугувати біоіндикатором стану екосистем, відображаючи зміни якості середовища, кліматичні коливання та вплив антропогенних факторів. Крім того, вивчення його поведінки, фенології та адаптаційних стратегій дає можливість краще розуміти механізми виживання комах у мінливих екологічних умовах і прогнозувати їх реакцію на довгострокові екологічні зміни.

Імаго характеризується видовженими передніми крилами із загостреними вершинами, що надає їм листоподібної форми.

Розмах крил становить 52–60 мм, довжина переднього крила – 23–33 мм. Самці мають яскраве лимонно-жовте забарвлення крил, самки – практично білосніжні з зеленувато-жовтим відтінком, що дозволяє легко відрізняти стать навіть у польоті. На крилах розміщені чотири оранжево-червоні плями, а тіло темно-сіре, вкрите довгими білястими волосками [1].

Вид є моновольтинним. Його життєвий цикл включає стадії яйця, личинки (гусені), лялечки та імаго. Особливістю є тривалий період життя дорослої особини – до 10–12 місяців, через що його вважають метеликом-довгожителем. Імаго виходять з лялечки в середині червня. Молоді гусениці харчуються листям крушини. Стадія гусениці триває близько 4 тижнів, при цьому розвиток сповільнюється за холодної та сирої погоди і прискорюється за сухої та сонячної. На цій стадії вид є шкодочинним.

Імаго живляться нектаром різних квіткових рослин, особливо ранньоквітучих, що робить їх важливими запилювачами. Наприкінці літа та восени цитринець активно живиться, щоб накопичити енергетичні запаси для зимівлі. Восени метелики знаходять захищене від вітру місце, зазвичай у чагарниках плюща, де впадають у стан заціпеніння. У сонячні й теплі зимові дні вони можуть прокинутися і літати над сніговими заметами. Навесні імаго виходять зі сплячки, зазвичай у середині березня.

У шлюбний період спостерігається своєрідний шлюбний танець: самець летить за самкою, дотримуючись постійної дистанції. Яйця відкладають по одному, приклеюючи до листя клейкою речовиною. Форма яйця витягнута, колір – білий або жовтуватий. Гусениці з’являються в травні–червні, соковито-зелені з дрібними крапками, кілька разів линяють до перетворення на лялечку. Період розвитку лялечки залежить від погодних умов; на півдні метелики з’являються на початку літа.

Систематизація літературних даних та аналіз доступних біологічних баз даних, таких як GBIF, iNaturalist, UkrBIN, а також огляд звітів і наукових статей, свідчать про широке поширення *G. rhamni* майже по всіх областях України [4, 5]. Особливої уваги заслуговують останні роки, коли детальні польові дослідження підтвердили стабільну присутність виду у різних регіонах. Так, у західній частині країни (Львівська та Тернопільська області)

спостереження показали значну чисельність особин у природних біотопах, включаючи лісові масиви і галявини, узлісся [1]. У центральних регіонах (Київська та Полтавська області) вид також фіксується регулярно, що підтверджується як польовими записами, так і фотодокументованими даними з онлайн-платформ [2, 3]. Ці результати свідчать про стабільність популяцій *G. rhamni* в Україні та дозволяють зробити висновок про його повсюдне поширення, зокрема у типових середовищах проживання виду, що включають ділянки з крушиновими рослинами, необхідними для розвитку гусені.

Наявні дані не свідчать про різке скорочення чисельності цитринця в Україні. Завдяки ефективній терморегуляції та широкому поширенню вид вважається досить стабільним. У Європі, ймовірно, спостерігається деяке розширення ареалу на північ через потепління. Локальні зміни можливі через зменшення кормових рослин (вирубка крушини), використання пестицидів, урбанізацію та осушення заплав. Антропогенний вплив знижує чисельність виду на степових територіях, тоді як в агроландшафтах лісостепу метелик знаходить сприятливі умови існування у містах, садах і парках. Доцільно проводити спостереження навесні та влітку, зберігати кормову базу, особливо крушину, та утримувати лісосмуги й парки як транзитні зони між ландшафтами, щоб уникнути ізоляції популяцій.

Список літератури

1. Голіней Г. М., Прокоп’як М. З., Крижановська М. А. Видовий склад і чисельність біланових (Rhopalocera, Lepidoptera, Pieridae) в ентомологічних колекціях за 2021–2023 рр. *Наукові записки ТНПУ імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* 2024. Т. 84, № 2. С. 27–32. DOI: 10.25128/2078-2357.24.2.3.
2. Єпішін В. В. Метелики (Lepidoptera: Papilionoidea) Фастівського району (Київська обл., Україна). *Український ентомологічний журнал*. 2018. № 2 (15). С. 42–49. DOI:10.15421/281812.
3. Філатов М. О., Маркова Т. Ю., Філатова О. В. Знахідки рідкісних видів комах, занесених до Червоного списку Полтавської області. *Сучасні дослідження раритетного біорізноманіття в Україні. Серія: «Conservation Biology in*

Ukraine». Київ – Чернівці : Друк Арт, 2025. Вип. 44. С. 418–419.
4. iNaturalist. URL: https://www.inaturalist.org (Last accessed: 20.03.2026).
5. UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network. URL: https://ukrbin.com/index.php?id=1155 (Last accessed: 20.03.2026).

УДК 597.8.9

ВИДИ ЗЕМНОВОДНИХ І ПЛАЗУНІВ, ЩО ОХОРОНЯЮТЬСЯ БЕРНСЬКОЮ КОНВЕНЦІЄЮ, НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ»

Слободян Р. М.

Природний заповідник «Медобори», смт. Гримайлів
E-mail: slobodanruslana1@gmail.com

Територія заповідника відноситься до Лісостепової природної зони, яка відзначається своєрідною ландшафтною структурою складним чергуванням природних комплексів. Унікальні геоморфологічні особливості Товтрового кряжу, зокрема скелясті вапнякові пасма, долини, лісові масиви, формують різноманітні природні біотопи, сприятливі для існування та поширення багатьох видів земноводних і плазунів.

Регулярні спостереження за земноводними ведуться як на маршрутах, так і під час польових досліджень, які охоплюють усі ділянки, придатні для розмноження та проживання амфібій. Дані про зустрічі земноводних та плазунів на території заповідника та в найближчих його околицях зібрані науковцями заповідника під час польових досліджень, а також внаслідок аналізу карток спостережень працівників служби державної охорони ПЗФ

Із 17 видів батрахофауни та 13 герпетофауни заходу України [5] на Тернопільщині виявлено по 11 видів [1]. У заповіднику в найбільш придатних для проживання біотопах зустрічаються всі 11 видів земноводних та 7 видів плазунів, а також два – в прилеглих населених пунктах [4], з них – 6 та 4 під охороною Бернської Конвенції (додаток ІІ, Резолюція № 6 "Про перелік видів, що потребують спеціальних заходів для їх збереження") [2].

Тритон гребінчастий (*Triturus cristatus* Laur.) занесений у Червону книгу України [3]. Зустрічався з 1998 по 2014 роки у лісових ценозах зі слабопроточною або стоячою водою, надалі – не щорічно в найближчих околицях. Перші зустрічі датувалися третьою декадою березня, початком квітня. В останні роки відмічався недалеко біля водойм на територіях присадибних ділянок або у підвалах будинків.

Часничниця звичайна (*Pelobates fuscus* Laur.) – до 2003 року фіксувалась поодиноко під камінням, опалим хмизом на відкритих ділянках, згодом траплялася не кожного року в найближчих околицях, переважно в агроценозах.

Джерелянка червоночерева (*Bombina bombina* L.) поодиноко або невеликими групами спостерігається у водоймах, переважно зі слаботекучою, або стоячою водою з наявністю рослинності, де легко фіксується за характерною вокалізацією. Щорічно трапляється в обліках (переважно у тимчасових водоймах) на території заповідника, а також поблизу прилеглих до нього біотопах. Перші зустрічі відмічаються у другій, третій декадах квітня.

Ропуха зелена (*Bufo viridis* Laur.) віддає перевагу відкритим ділянкам (сади, луки). Востаннє зустрічалася в заповіднику у 2015 році. Надалі траплялася поодинокими особинами лише в населених пунктах. Перші весняні реєстрації особин припадають на другу–третю декади березня.

Квакша східна (*Hyla orientalis* Bedriaga) в останні роки дуже рідко траплялася у лісових масивах заповідника, можливо через погодні аномалії: посуху та відсутність водойм, придатних для розмноження. Зустрічається у листяних лісах, узліссях на невисоких деревах та кущах. Майже щорічно фіксується візуально по 1-2 особини на території заповідника або в найближчих околицях, інколи відмічається тільки за голосом.

Жаба гостроморда (*Rana arvalis* Nilsson) зустрічається у трав'яному ярусі на зволожених ділянках. До 2014 року була одним з домінуючих видів на маршрутах у заповіднику. У наступні роки спостерігалося поступове скорочення чисельності популяції, а у 2025 році вид не був зареєстрований під час обліків, тоді як за його межами відзначалися лише поодинокі особини.

Із рептилій найпоширенішою є ящірка прудка (*Lacerta agilis* L.) – звичайний вид для степових ділянок та суходільних лук, узлісь, які добре прогріваються сонцем. На одному з моніторингових маршрутів, розташованому в межах степової ділянки серед лісового масиву, де протягом останніх років відбувається активне заростання чагарниковою рослинністю, починаючи з 2023 року відзначається тенденція до скорочення чисельності виду. Водночас на інших територіях, придатних для їхнього існування, популяції залишаються відносно стабільними, хоча у незначній кількості. Перші спостереження датуються третьою декадою березня-початком квітня. Молоді особини з'являються уже в другій половині липня.

Мідянка звичайна (*Coronella austriaca* Laur.) віддає перевагу добре прогрітим сонцем біотопам, зокрема узліссям, степовим або лучно-степовим ділянкам. Вперше зареєстрована у 2001 році – одна особина на г. Гостра Вікнянського ПНДВ. Зустрічається переважно на території Вікнянського ПНДВ, а також в його недалеких околицях по 2-3 особини на рік.

Вуж водяний (*Natrix tessellata* Laur.) – тісно пов'язаний з водою, проживає поблизу різного роду текучих та стоячих водойм. Одноразово спостерігався у підвалі житлового будинку в селищі Гримайлів (неподалік ставка).

Черепаха болотна (*Emys orbicularis* L.) – віддає превагу водоймам з стоячою або слаботекучою водою. За роки спостережень відмічено тільки дві зустрічі на заповідній території. На водоймах біля меж заповідника вперше зафіксована у 1999 році на ставку села Глібів, надалі зустрічалась на заплавах р. Збруч, р. Тайна, на берегах ставків у сс. Городниця, Глібів та селищі Гримайлів.

Список літератури

1. Географія Тернопільської області: монографія. В 2-х т. Т. Природні умови та ресурси / ТНПУ ім. В. Гнатюка. – Тернопіль: Крок, 2017. – 504 с.
2. https://wownature.in.ua/pro-nas/nasha-diialnist/mizhnarodna-diialnist/bernska-konventsiia/

3. Перелік видів тварин, що заносяться до Червоної книги України (тваринний світ). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0260-21#n19.
4. Слободян Р. М. Зустріваність земноводних та плазунів на території природного заповідника «Медобори» та найближчих околиць під час польових досліджень з 1994 по 2023 роки. Версія 1.1. Українська природоохоронна група (НУО). Набір даних про події https://doi.org/10.15468/z7sq82 доступ через GBIF.org 2024-10-08. UUID: ef36e103-e9ab-4028-875e-84b801a338aa.
5. Татаринов К. А. Фауна хребетних заходу України. Львів: Вища школа при Львівському університеті, 1973. – 257 с.

УДК 598.2(477.84)

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ОРНІТОУГРУПОВАНЬ ТОВТРОВИХ СХИЛІВ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ» У ГНІЗДОВИЙ ПЕРІОД

Капустинський А. І.

Природний заповідник «Медобори», ІЕК НАН України
E-mail: ars13kap@gmail.com

Вивчення сезонної динаміки та просторового розподілу угруповань птахів є одним із ключових напрямів сучасної орнітології та екології. Птахи є індикаторами стану природних екосистем, а їхня чисельність і видовий склад відображають зміни середовища, рівень антропогенного навантаження та природні сукцесійні процеси. Для територій природно-заповідного фонду України особливо важливим є з'ясування особливостей функціонування орнітокомплексів у різні сезони року, оскільки це дає можливість оцінити стабільність екосистем, виявити рідкісні та зникаючі види, а також сформувати наукове підґрунтя для ефективних заходів охорони біорізноманіття.

Природний заповідник «Медобори» є унікальною ділянкою Подільської височини з добре збереженими природними комплексами, серед яких особливе місце займають товтрові схили – своєрідні ландшафтні утворення, вкриті лучно-степовою рослинністю з великою кількістю чагарників. Чагарникові

угруповання представлені заростями ялівцю, бірючини, глоду, терну та шипшини, плоди яких є важливою кормовою базою для багатьох видів птахів. Однак дані про сезонний розподіл птахів цих екотопів залишаються недостатніми та фрагментарними, що зумовлює необхідність комплексного дослідження структури та динаміки властивих їм орнітоугруповань.

Збір даних проводився під час обліків птахів на постійному орнітологічному маршруті ОМ-1, закладеному Я.І. Капелюхом у 1997 р. Наші дослідження були проведені у 2021–2025 рр. Основними досліджуваними біотопами є степові схили з заростями чагарників та узлісся. Протяжність маршруту становить 4153 м. Дослідження проводили у гніздовий період (кінець травня - червень). Обліки здійснювали маршрутним методом із фіксацією всіх виявлених особин птахів уздовж маршруту (Гузий, 1997). Для кожного виду визначали чисельність, щільність (ос./км²) та відносну частку участі (%).

Для оцінки структури угруповання використовувався індекс Shannon (Shannon C. E. 1948), що дозволяє врахувати як видове багатство, так і рівномірність розподілу особин між видами.

Упродовж досліджуваного періоду (2021–2025 рр.) на маршруті ОМ-1 зареєстровано від 20 до 25 видів гніздових птахів. Найвище видове багатство відмічено у 2022 році (25 видів), тоді як у наступні роки спостерігалося його незначне зменшення до 20–22 видів. Загалом така динаміка свідчить про відносну стабільність видового складу за наявності помірних міжрічних коливань, що, ймовірно, пов’язано зі змінами кормової бази, структурою рослинного покриву та впливом господарської діяльності на прилеглих територіях.

Основу угруповання становлять типові види відкритих і напіввідкритих ландшафтів: вівсянка звичайна (*Emberiza citrinella*), жайворонок польовий (*Alauda arvensis*), сорокопуд терновий (*Lanius collurio*), дрізд чорний (*Turdus merula*) та припутень (*Columba palumbus*).

Щільність гніздового орнітонаселення на маршруті ОМ-1 упродовж 2021–2025 рр. має тенденцію до зниження. У 2021 році цей показник становив 324,1 ос./км², після чого спостерігалося поступове зменшення до 297,4 ос./км² у 2022 році та 270,3 ос./км²

у 2023 році. У 2024 році відмічено різке зростання щільності до 475,0 ос./км², що є максимальним значенням за весь період досліджень. Проте вже у 2025 році показник знизився до 209,6 ос./км², що є мінімальним за п'ятирічний період.

Значення індексу Shannon протягом досліджуваного періоду варіювали в межах 2,60–2,90, що відповідає середньо-високому рівню видового різноманіття. У 2021 році індекс становив 2,85, у 2022 році знизився до 2,70, після чого дещо зріс у 2023 році (2,80). Найнижче значення зафіксовано у 2024 році (2,60), що зумовлено посиленням домінування окремих видів. У 2025 році індекс досяг максимального значення (2,90), що свідчить про більш рівномірний розподіл чисельності між видами.

Таблиця 1. Динаміка щільності та видового різноманіття

Рік	Щільність, ос./км²	Індекс Shannon
2021	324,11	2,85
2022	297,36	2,70
2023	270,27	2,80
2024	475,04	2,60
2025	209,59	2,90

Аналіз гніздової орнітофауни степових та чагарникових схилів Товтр (ОМ-1) упродовж 2021–2025 рр. виявив поєднання відносної стабільності видового складу з вираженими коливаннями чисельності, що зумовлені переважно антропогенними чинниками. У 2022 році частина маршруту, поза межами заповідника, зазнала господарського втручання: степові та чагарникові схили гори Довга були розорані та засіяні, що призвело до збіднення кормової бази та зменшення кількості укриттів для птахів. Унаслідок цього представники лучних угруповань птахів перемістилися на прилеглі ділянки зі збереженою степовою та чагарниковою рослинністю та на менш трансформовані схили, де зберігалася природна рослинність і достатня кормова база.

Додатковим фактором стало розчищення територій поблизу урочища Скелі Франка, що також спричинило витіснення частини видів. Це зумовило зниження чисельності птахів у 2022–2023 рр., яке посилювалося впливом фактора турбування внаслідок роботи сільськогосподарської техніки в період гніздування.

Різке зростання щільності у 2024 році пов'язане зі зменшенням фактору турбування, що сприяло концентрації птахів у збережених біотопах. Водночас це призвело до зниження рівномірності угруповання, що відобразилося у зменшенні індексу Шеннона.

У 2025 році відмічено різке зниження щільності гніздового орнітонаселення до мінімального рівня за весь період досліджень (209,6 ос./км²). Ймовірною причиною цього є зміна характеру землекористування на прилеглих до маршруту територіях, зокрема перехід від вирощування зернових культур до інтенсивного городництва. Така трансформація супроводжується частішим механічним обробітком ґрунту, регулярними агротехнічними заходами, а також підвищеним рівнем антропогенного навантаження впродовж усього вегетаційного періоду.

Проведення зазначених робіт у період активного гніздування птахів призводить до зростання фактору турбування. Внаслідок цього відбувається як скорочення чисельності як через ймовірне зменшення успішності гніздування, так і перерозподіл птахів у межах прилеглих територій.

Крім того, зміна структури агроценозів супроводжується зменшенням кормової бази, зокрема чисельності комах і насіння дикорослих рослин, що є важливими ресурсами для більшості видів. Зниження різноманіття біотопів і відсутність достатніх укриттів також негативно впливають на гніздові можливості птахів. У сукупності ці чинники зумовлюють зниження чисельності типових домінантів угруповання та загальне збіднення орнітоценозу.

Отже, результати досліджень гніздової орнітофауни маршруту ОМ-1 у 2021–2025 рр. підтверджують, що зміни у ландшафті та антропогенний вплив істотно впливають на чисельність і просторовий розподіл орнітоугруповань. Основними чинниками цих змін є скорочення кормової бази, зокрема внаслідок низької продуктивності плодоносних чагарників глоду, а також поступове збільшення площ, зайнятих ялівцем, що призводить до витіснення інших рослинних угруповань і зменшення різноманіття біотопів.

Попри це, угруповання залишається відносно стабільним, що свідчить про збереження основних екологічних характеристик біотопу та його придатність для існування типових видів відкритих і напіввідкритих ландшафтів.

Визначальну роль у формуванні виявлених змін відіграє антропогенний вплив, зокрема трансформація біотопів, зміни у характері землекористування та проведення агротехнічних робіт у період гніздування, що призводить до порушення гніздових територій і зниження успішності розмноження птахів.

Подальший моніторинг гніздової орнітофауни дозволить оцінити стійкість виявлених тенденцій і прогнозувати можливі довгострокові наслідки для пташиних угруповань товтрових схилів, що має важливе значення для розробки ефективних заходів охорони біорізноманіття.

Список літератури

1. Гузій А. І. Обліки птахів: підходи, методики, результати (Матер. школи по уніфікації методів обліків птахів у заповідниках України, смт. Івано-Франкове, 26-28 квітня 1995 р.). Львів-Київ, 1997. С. 18-48.
2. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal.* 1948. Vol. 27. P. 379–423, 623–656.

УДК 597.58:591.51:591.543

ЦИРКАДНІ РИТМИ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ БИЧКА-КРУГЛЯКА *NEOGOBIUS MELANOSTOMUS* (PALLAS, 1814) ЗА УМОВ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

[1]Караванський Ю. В., [2]Заморов В. В., [1]Леончик В.Є.

[1]Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
[2]Інститут морської біології НАН України
E-mail: u.v.karavanskiy@onu.edu.ua

Бичок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) є одним з найбільш масових і перспективних промислових видів Одеської затоки. Незважаючи на значну розповсюдженість і високу чисельність цього виду, дані щодо його циркадних ритмів рухової активності в літературі відсутні. Вивчення цих ритмів має важливе значення як для фундаментальної хронобіології, так і для

практичної оптимізації строків і методів промислового лову риби в Чорному морі [2, 3].

Мета досліджень – вивчення циркадних ритмів рухової активності бичка-кругляка за умов природного освітлення в лабораторних умовах. Для досягнення мети було поставлено такі завдання: проаналізувати динаміку добової активності риб у змішаній групі (5 самців і 5 самиць), групі самців (10 особин) та групі самиць (10 особин); встановити наявність і характер ритмічності змін рівня активності риб протягом доби; порівняти ритмічність та амплітуду коливань добової рухової активності самців і самиць.

Дослідження проводили з 2 жовтня по 1 листопада 2025 року в акваріальній лабораторії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Використовували акваріум об’ємом 605 л з природною морською водою (солоність 14 ‰, температура води 16 °С). Рухову активність реєстрували за допомогою цифрової камери Hikvision DS-2CD2432F-I щогодини протягом семи діб у кожній з трьох груп. За одиницю активності приймали середню кількість переміщень однієї риби за годину, що супроводжувалися зміною її положення в просторі. Після закінчення експерименту отриманий відеозапис переносили в пам'ять комп'ютера і обробляли за оригінальною методикою для трекінгу лабораторних тварин «Метод комп’ютерного зору» [4].

Статистичну обробку результатів виконували за допомогою t-критерію Стьюдента в програмі MS Excel з підключенням статистичного модуля AtteStat.

У всіх трьох груп риб, які досліджувалися встановлено чітко виражений циркадний ритм денного типу. Максимальна рухова активність стабільно реєструвалася в ранкові години – в інтервалі 07.00–08.00. Мінімальна активність спостерігалася у другій половині дня – в інтервалі 15.00–16.00. У нічний період (23.00–06.00) активність утримувалася на помірному рівні. Середнє значення величини рухової активності становило: у самців – 102,2 ± 7,2рухів/год, у змішаній групі – 75,2 ± 4,1рухів/год, у самиць – 66,5 ± 5,3 рухів/год. Статистичне порівняння показало, що самці достовірно перевищують самиць за рівнем активності в усіх періодах доби ($t = 9,87–14,56$; $p < 0,05$). Змішана група займає

проміжне положення як за загальним рівнем активності, так і за амплітудою коливань.

Отримані результати свідчать про високу стабільність циркадних ритмів денного типу у бичка-кругляка. Вищий рівень активності та більша амплітуда коливань у самців, імовірно, пов'язані з їх територіальною поведінкою та необхідністю захисту ділянок дна. Нижча активність самиць та зменшення післяобідньої рухливості риб, на нашу думку, відображають енергозбережну стратегію, спрямовану на накопичення резервів для репродуктивного періоду [3]. Проміжні показники в змішаній групі вказують на вплив соціальних взаємодій між особинами різної статті на їх загальну рухливість [1].

Порівняння наших даних з джерелами літератури показало їхню узгодженість із відомими закономірностями. Виявлений денний тип ритму рухової активності відповідає описаному раніше для багатьох бентосних риб [5]. Разом з тим, встановлені нами статеві відмінності в інтенсивності та амплітуді рухових коливань є новим внеском у вивчення поведінкової екології даного виду [3, 5].

Таким чином, проведене дослідження підтвердило наявність стійких циркадних ритмів рухової активності денного типу у бичка-кругляка. Статевий склад групи суттєво впливає на інтенсивність прояву ритму, але не змінює його загальну структуру. Отримані результати розширюють сучасні уявлення про механізми регуляції добової поведінки цього виду і можуть бути використані для оптимізації строків і методів промислового лову бичка-кругляка в Одеському регіоні.

Список літератури

1. Kopp R., Klett K., Münzner S., Strähle U. The effects of feeding on zebrafish (*Danio rerio*) circadian activity and behaviour. *Journal of Fish Biology.* 2018. Vol. 92, No. 6. P. 1735–1749.
2. Reebs S. G. Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2002. Vol. 12, No. 4. P. 349–371.
3. Sánchez-Vázquez F. J., López-Olmeda J. F., Vera L. M. Environmental cycles, melatonin, and circadian control of fish physiology. *Frontiers in Endocrinology*. 2019. Vol. 10. P. 279.

4. Shvandt M. A. and Moroz V. V. Overview of the detection and tracking methods of the lab animals. *System Research & Information Technologies*. 2022. No 1. P. 124–148.
5. Szydłowska N. Z., Zięba G., Grabowska J. Gut evacuation rate as a tool for revealing feeding patterns of invasive round goby. *Aquatic Invasions.* 2024. Vol. 19, No. 1. P. 67–82.

УДК 598.2:574.4(477.84)

ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ ОРНІТОФАУНИ ДЕНДРАРІЮ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА

Шевчик Л. О., Глинська О. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: shevchyklubov45@gmail.com

Збільшення інтересу до вивчення орнітофауни урбоекосистем викликане не лише науковою цікавістю, але й практичною необхідністю. Зростання міського населення та розвиток інфраструктури призводять до зміни середовища існування, що може впливати на стан популяції пернатих [1]. Оскільки, під впливом людської діяльності, глобального потепління і, особливо війни розв'язаної росією в Україні, урбанізовані екосистеми постійно еволюціонують – орнітологічні дослідження у подібних середовищах дозволяють не лише вивчити склад та структуру пташиного населення, а й зрозуміти механізми його формування та динаміку чисельності [3, 4].

Західне Поділля, охоплює територію Тернопільської та окремі райони Хмельницької і Вінницької областей. Регіонам притаманні різноманітні ландшафти, тут достатньо лісів, степів, річок для комфортного життя хребетних загалом та птахів – зокрема.

Ціла когорта знаних в Україні орнітологів протягом тривалого часу вивчали поведінку тварин в урбоекосистемах та антропогенно-змінених біотопах [5]. Окрема увага приділялася збереженню рідкісних видів. Зокрема на території Західного

Поділля під пильним оком дослідників перебувають популяції лелеки чорного *(Ciconia nigra)*, орлана білохвоста *(Haliaeetus albicilla),* змієїда (*Circaetus gallicus)*, пугача звичайного *(Bubo bubo)*. Сезоні міграції птахів також були об'єктами детального вивчення [2].

Наукові дослідження орнітофауни дендрарію Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка станом на 2024 р. спрямовані на вивчення гніздової фауни двох локацій – власне дендрарію та біблійного саду. На досліджуваній території виявлено 21 вид авіфауни, що належать до 17 родів, 11 родин, 4 рядів: *Passeriformes*, *Columbiformes*, *Piciformes*, *Falconiformes*. Деталізовано перелік екологічних особливостей, а саме: відносна чисельність видів, статус птахів за характером перебування, типом гніздування та типом живлення. Уточнено розподіл птахів за ландшафтно-генетичними фауністичними комплексами.

Чи не вперше авторами встановлено види, котрі для гніздування обрали досліджувану територію. Детально прописано паспорти виявлених гнізд, де вказано якому птахові належить гніздо, дату виявлення та місце розташування (назву дерева, на якій висоті від землі, місце розташовування у кроні), форма гнізда та матеріали з яких побудоване. Вивчена річна та сезонна динаміка чисельності птахів мешканців обох досліджуваних локацій. Встановлено природоохоронний статус виявлених видів в Україні та світі.

Важливим інформативним індексом, котрий характеризує подібність (відмінність) різноманіття досліджуваних біотопів є коефіцієнт подібності Соренсена (Sorensen), розрахований за формулою: ІПС = 2С / (А + В), де ІПС – індекс подібності (відмінності) Соренсена; С – кількість елементів, спільних для обох біотопів; А – загальна кількість елементів у першому біотопі; В – загальна кількість елементів у другому біотопі.

Встановлено, що авіфауна досліджуваних ділянок характеризуються видоспецифічним представленням гніздової орнітофауни (ІПС=0,4). Якщо на території дендрарію вдалося зафіксувати 45 екз. птахів, що належать до 9 видів, то фауну біблійного саду представляють 106 екз. птахів, що відносяться до

17 видів. Істотна відмінність простежується у класах домінування обох локацій. На території дендрарію (ІПС=0,4) домінують 2 види (*Corvus monedula; Columba palumbus*), а у біблійному саду – 3 (*Corvus monedula; Columba palumbus, Columba livia*). Більш широко представлені субдомінанти, зокрема, для дендрарію (ІПС=0,2) – 7 видів, тоді як для у біблійного саду – 14 видів. Подібне явище, очевидно, зумовлене зростанням антропогенного втручання по догляду за ділянкою біблійного саду у порівнянні із дендрарієм.

За час дослідження було встановлено домінування гніздових-пролітних, осілих та зимуючих видів. За типом живлення найбільша кількість видів належить до рослиноїдних, із зменшенням частки м'ясоїдних, комахоїдних та всеїдних видів і, поодинокі – фолівори на некрофаги. Серед екологічних груп ідентифіковані птахи – дендрофіли та мешканці культурних ландшафтів. Щодо типів гніздування домінують кроновики, багато видів оселяються на антропогенних спорудах, а також зафіксовані поодинокі трапляння наземних і дуплогніздових видів. Виявлені тенденції до інвазії вимагають подальших досліджень орнітофауни обох біотопів.

Список літератури

1. Кошелев В. О., Пахомов О. Є. Орнітокомплекси як структурний елемент біоценозів : структура, критерії, показники. *Екологічні науки*. 2020. № 1, (28). С.344–354.
2. Майхрук М. І. Деякі спостереження міграції птахів Тернопільщини. *Облік птахів: підходи, методики, результати* : збірн. наук. статей ІІ міжнародної науково-практичної конференції (Житомир, 26–30 квітня 2004 р.). Житомир, 2004. С. 154–157.
3. Майхрук М. І., Бокотей А. А. Птахи Тернопілля. Львів : Простір-М, 2019. 244 с.
4. Подобівський С. С., Котів А. В. Попередні дані про видовий склад та особливості біології розмноження синантропних птахів ряду Горобцеподібні (Passeriformes) м. Тернополя. *Біологічні системи.* Вип. 2. Т. 8. 2016. С. 246–251.

5. Талпош В. С. Орнітофауна міста Тернополя. *Українська наука: минуле, сучасне, майбутнє*. Тернопіль : «Економічна думка», 1998. С. 216–219.

УДК:598.2

ВИДОВИЙ СКЛАД ОРНІТОФАУНИ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА ДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ «ЗАМГЛАЙ»

Федун О. М., Осьмачко О. М., Граб С. М.

Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т. Г. Шевченка
E-mail: ficedula.f@gmail.com, osmachka.o@gmail.com

«Замглай» – ландшафтний заказник загально-державного значення в Україні, створений у 2000 р. Розташований у Ріпкинському районі Чернігівської області, неподалік від смт. Замглай та с. Ловинь. Це – комплекс боліт, заболочених лісів, лук, піщаних гряд та підвищень, а також обводнених кар'єрів – залишків діяльності Замглайського торфобрикетного заводу, площею 4 428 га [1].

Дослідження орнітофауни заказника проводили впродовж 2025-2026 років. Для обліку птахів використовували маршрутний метод з чіткими межами облікової смуги, з зупинками для визначення та фіксації видів [2]. На території колишніх торфокар'єрів обліки проводили на човні вздовж берегової лінії.

Загалом за період досліджень нами було зареєстровано 166 видів птахів, що становить 39,9% від загальної частки видів птахів фауни України, що відносяться до 44 родин – 73,3 % та об'єднані у 16 рядів – 76,1 %. До Червоної книги України відносяться 21 вид, що становить 21 % від загальної кількості рідкісних видів країни.

Найбільш численними рядами є Горобцеподібні (Passeriformes) – 75 видів, Сивкоподібні (Charadriiformes) – 22 види, Гусеподібні (Anseriformes) – 17 видів, Соколоподібні (Falconiformes) – 13 видів.

Гусеподібні (Anseriformes) включає в себе 17 видів, що об'єднані в одну родину Качкові (*Anatidae*): лебідь-шипун (*Cygnus olor*), крижень (*Anas platyrhynchos*), чирянка велика (*Anas querquedula*), чернь червоноголова (*Aythya ferina),* чернь чубата

(*Aythya fuligula*) є звичайними гніздовими видами. Гуска сіра (*Anser anser*), гуска білолоба (*Anser albifrons*), гуменник (*Anser fabalis*), чирянка мала (*Anas crecca*), свищ (*Anas penelope*), шилохвіст (*Anas acuta*), чернь морська (*Aythya marila*) та крех великий (*Mergus merganser*) – зазвичай зустрічаються на міграції. Три види занесені до ЧКУ нерозень (*Anas strepera*), чернь червонодзьоба (*Netta rufina*) та гоголь (*Bucephala clangula*). Широконіска (*Anas clypeata*) є рідкісним гніздовим видом на території заказника.

Ряд Соколоподібні (Falconiformes) представлений 13 видам, що входять до трьох родин. Це ряд в якому зафіксовано найбільше видів з ЧКУ– скопа (*Pandion haliaetus*), лунь лучний (*Circus pygargus*), лунь польовий (*Circus cyaneus*), змієїд (*Circaetus gallicus*), підорлик малий (*Aquila pomarina*) та орлан-білохвіст (*Haliaeetus albicilla).* Іноді фіксували гнізда осоїда (*Pernis apivorus*), яструба великого (*Accipiter gentilis*) та підсоколика великого (*Falco subbuteo*). Лунь очеретяний (*Circus aeruginosus*),яструб малий (*Accipiter nisus*), канюк звичайний (*Buteo buteo*) – звичайні гніздові види. Зимняк (*Buteo lagopus*) зустрічається виключно взимку.

Сивкоподібні (Charadriiformes) налічують 22 види,об'єднані у три родини. Рідкісні три види занесені до ЧКУ всі входять до складу родини Бекасові (Scolopacidae) – це коловодник ставковий (*Tringa stagnatilis*), баранець великий (*Gallinago media*) та кульон великий (*Numenius arquata*). Коловодник болотяний (*Tringa glareola*), коловодник великий (*Tringa nebularia*), брижач (*Philomachus pugnax*), побережник чорногрудий (*Calidris alpina*), баранець малий (*Lymnocryptes minimus*) зустрічалися в період міграції. Коловодник звичайний (*Tringa totanus*), баранець звичайний (*Gallinago gallinago*) – звичайні гніздові види та слуква (*Scolopax rusticola*) зустрічається на гніздування у невеликій кількості. Чайка (*Vanellus vanellus*) з родини Сивкові (*Charadriidae*) є звичайним гніздовий видом. Родина Мартинові (Laridae) представлена 7 видами. Мартин сивий (*Larus canus*) рідкісний гніздуючий вид на території заказника, мартин малий (Larus minutus) звичайний пролітний вид, крячок білокрилий (Chlidonias leucopterus) іноді гніздується. Решта, мартин

звичайний (*Larus ridibundus*), мартин жовтоногий (*Larus cachinnans*), крячок чорний (*Chlidonias niger*) та крячок річковий (*Sterna hirundo*) звичайні гніздові види.

Ряд Горобцеподібні (Passeriformes) містить 75 видів, що поєднані у 20 родин. Родина Кропив'янкові (*Sylviidae*) включає в себе 16 видів. Всі види гніздуються на території заказника. Один вид очеретянка прудка (*Acrocephalus paludicola*) занесена до ЧКУ. Родина Мухоловкові (*Muscicapidae*) має в своєму складі 14 гніздових видів. Родина В'юркові представлена 11 видами. В'юрок (*Fringilla montifringilla*), чиж (*Spinus spinus*), чечітка звичайна (*Acanthis flammea*) та снігур (*Pyrrhula pyrrhula)* прилітають виключно на зимівлю. Решта звичайні гніздові види.

Також на території заказника трапляються зафіксовані представники рядів: Гагароподібні (Gaviiformes) 1 вид, Пірникозоподібні (Podicipediformes) – 4 види, ЛелекоподібнІ (Ciconiiformes) – 7 видів, Куроподібні (Galliiformes) – 2 види, Журавлеподібні (Gruiformes) – 6 видів, Голубоподібні (Columbiformes) – 3 види, Зозулеподібні (Cuculiformes) – 1 вид, Совоподібні (Strigiformes) – 3 види, Дрімлюгоподібні (Caprimulgiformes) – 1 вид, Ракшеподібні (Coraciiformes) – 3 види, Одудоподібні (Upupiformes) – 1 вид, Дятлоподібні (Piciformes) – 6 видів.

Список літератури

1. Замглай (заказник). URL: https://uk.wikipedia.org/wiki (дата звернення: 01.05.2026).
2. Фесенко Г. В., Бокотей А. А. Птахи фауни України: польовий визначник. 2002. Київ: УТОП.

РОЗДІЛ 3. АНАТОМІЯ, ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

УДК 616.891.6-092.9:616.8-009.83-06:616.153.455

АДИТИВНИЙ ВПЛИВ ВІЙСЬКОВО-РЕЛЕВАНТНОГО ПОСТТРАВМАТИЧНОГО СТРЕСОВОГО РОЗЛАДУ ТА НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦІЇ НА ГОМЕОСТАЗ ГЛЮКОЗИ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

[1]Михейцева І. М., [1]Кузнецов М. К., [2]Коломійчук Т. В., [1]Сіроштаненко Т. І., [1]Сторожук Н. В.

[1]ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії імені В. П. Філатова НАМН України»
[2]Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
E-mail: filatovbiochem@ukr.net

Порушення гомеостазу глюкози є важливою складовою патогенезу як нейродегенеративних, так і стрес-асоційованих розладів. Сучасні дані свідчать, що зміни глюкозного метаболізму не лише супроводжують нейродегенерацію, але можуть передувати розвитку структурних ушкоджень, підвищуючи вразливість нейронів до метаболічного стресу та апоптозу [3]. В умовах нейродегенеративних процесів, до яких належить також глаукома, порушення гліколізу та окисного фосфорилювання розглядаються як ключові механізми енергетичної недостатності, що лежать в основі ушкодження нейронів і втрати їх функції [3]. Показано також, що зміни локального метаболічного балансу можуть супроводжуватися підвищенням концентрації глюкози в тканинах сітківки, що вказує на суттєві порушення енергетичного обміну при нейродегенеративному процесі [1].

Окрему увагу привертає психологічний травматичний стресовий розлад (ПТСР), який супроводжується системними метаболічними, ендокринними та оксидативними порушеннями. За даними сучасних досліджень, при ПТСР зміни активності гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової системи, симпатичної нервової системи та запальної відповіді можуть сприяти розвитку гіперглікемії та інших проявів метаболічної дисрегуляції [4]. Крім того, встановлено позитивний кореляційний зв'язок між

внутрішньоочним тиском, як головним фактором ризику глаукомної оптичної нейропатії, і рівнем глюкози в крові, що підкреслює системний характер впливу порушень вуглеводного обміну [2].

Таким чином, у нас з'явилося припущення, що поєднання військово-релевантного ПТСР та нейродегенеративного процесу в очах може супроводжуватися або більш вираженими, або іншими порушеннями гомеостазу глюкози, ніж за умов ізольованого розвитку кожного з цих патологічних станів, однак це питання залишається недостатньо вивченим.

Метою дослідження було визначити зміни рівня глюкози крові у тварин за умов моделювання військово-релевантного ПТСР, експериментального нейродегенеративного глаукомного процесу та їх поєднання, а також оцінити характер взаємовпливу цих станів на показники гомеостазу глюкози.

Матеріали і методи. Експериментальне дослідження проведено на лабораторних щурах, яких було розподілено на 4 групи: контроль, адреналін-індукована глаукома (АІГ), ПТСР та АІГ+ПТСР. Тварин утримували в стандартних умовах віварію на звичайному раціоні *ad libitum*. Модель військово-релевантного ПТСР відтворювали протягом 42 діб шляхом хронічного багатофакторного стресового впливу, що включав звуки вибухів, світлові спалахи та механічне струшування. АІГ моделювали шляхом хронічного внутрішньочеревного введення адреналіну гідротартрату впродовж 6 тижнів із поступовим підвищенням дози. Основним показником дослідження був рівень глюкози в крові. Статистичну обробку результатів виконували за допомогою програмного забезпечення JASP.

Усі експериментальні процедури виконували з дотриманням біоетичних принципів, вимог гуманного поводження з лабораторними тваринами та чинних нормативних вимог до проведення експериментальних досліджень.

На початку експерименту рівень глюкози в усіх досліджуваних групах статистично значуще не відрізнявся від контрольних значень ($p>0,05$), що свідчило про їхню початкову зіставність. На 42-гу добу в контрольній групі суттєвих змін не виявлено: приріст рівня глюкози становив 2,7% відносно

вихідного значення (p=0,22), тоді як у групах з експериментальними впливами спостерігалася різно-спрямована динаміка показника. Зокрема, у групі АІГ рівень глюкози статистично значуще підвищився на 13,7% (p=0,03), у групі ПТСР – на 15,1% (p=0,03), що свідчило про активацію метаболічних змін за умов ізольованого розвитку кожного з патологічних станів. Водночас у групі поєднаного моделювання АІГ+ПТСР зареєстровано статистично значуще зниження рівня глюкози на 16,4% відносно вихідного рівня (p=0,0001), що вказувало на іншу спрямованість метаболічної відповіді при комбінованому впливі.

При міжгруповому аналізі на 42-у добу встановлено, що рівень глюкози в групі АІГ перевищував контрольний на 10,7% (p=0,19), у групі ПТСР – на 16,4% (p=0,07), тоді як у групі АІГ+ПТСР був статистично значуще нижчим за контроль на 12,2% (p=0,03). Крім того, у групі АІГ+ПТСР цей показник був достовірно нижчим, ніж у групах АІГ і ПТСР, на 20,7% (p=0,0002) та 24,6% (p=0,0001) відповідно, що підтверджує суттєві відмінності характеру метаболічних змін за умов поєднаного перебігу АІГ і ПТСР.

Висновок. Розвиток АІГ і ПТСР за умов ізольованого моделювання асоціювався зі зростанням рівня глюкози, тоді як при поєднанні патологічних станів на 42-у добу експерименту відзначалося його достовірне зниження. Це вказує на те, що комбінований перебіг АІГ і ПТСР супроводжується специфічними метаболічними змінами, які відрізняються від змін при окремому розвитку кожного патологічного стану. Ці зміни можуть свідчити про перехід метаболізму щурів з адитивним впливом патологічних факторів від стану гіперглікемії в стан гіпоглікемії, що є подальшим обтяженням порушення обміну глюкози та може суттєво підсилювати нейродегенерацію.

Список літератури

1. Arai-Okuda M., Murai Y., Maeda H. та ін. Potentially compromised systemic and local lactate metabolic balance in glaucoma, which could increase retinal glucose and glutamate concentrations. *Scientific Reports.* 2024. Vol. 14, No. 3683. DOI: 10.1038/s41598-024-54383-4.

2. Cohen E., Kramer M., Shochat T. Relationship between serum glucose levels and intraocular pressure: a population-based cross-sectional study. *Journal of Glaucoma.* 2017. Vol. 26, No. 7. P. 652–656. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000700.
3. McDonald T. S., Lerskiatiphanich T., Woodruff T. M. та ін. Potential mechanisms to modify impaired glucose metabolism in neurodegenerative disorders. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism.* 2023. Vol. 43, No.1. P. 26–43. DOI: 10.1177/0271678X221135061.
4. Oroian B. A., Ciobica A., Timofte D. New metabolic, digestive, and oxidative stress-related manifestations associated with posttraumatic stress disorder. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 2021. Vol. 2021. Article ID 5599265. 18 p. DOI: 10.1155/2021/5599265.
5. Williams P. A., Casson R. J. Glycolysis and glucose metabolism as a target for bioenergetic and neuronal protection in glaucoma. *Neural Regeneration Research.* 2024. Vol. 19, No. 8. P. 1637–1638. DOI: 10.4103/1673-5374.389638.

УДК 616.839:612.13:617.75-053

ВЕГЕТАТИВНА РЕГУЛЯЦІЯ ТА АДАПТАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ НА ТЛІ НАБУТОЇ КОРОТКОЗОРОСТІ

[1]Івасенко А. Ю., [2]Шейко В. І.

[1]Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
[2]Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
E-mail: interliycin@ukr.net, ivasenko.scientist@gmail.com

Оцінка показників вегетативної регуляції та адаптаційного потенціалу є важливим підходом до вивчення функціонального стану серцево-судинної системи (ССС), оскільки саме вони відображають ефективність взаємодії центральних і периферичних механізмів регуляції кровообігу. Вегетативна нервова система (ВНС) забезпечує динамічну адаптацію діяльності серця і судин до змін внутрішнього та зовнішнього середовища, підтримуючи гомеостаз і адекватний рівень перфузії тканин. Аналіз інтегральних показників дає змогу не лише

охарактеризувати баланс симпатичних і парасимпатичних впливів, а й виявити ранні прояви функціонального напруження, що передують формуванню стійких порушень гемодинаміки.

У дослідженні брали участь волонтери загальною кількістю 150 осіб, включаючи як чоловіків, так і жінок. Усі волонтери були розподілені на дві групи. Контрольна група складалася із 74 осіб, з яких 40 осіб жіночої статі (54,1 %) та 34 особи чоловічої статі (45,9 %), середній вік становив 26,9 ± 2,2 року. Другу групу складали 76 осіб із набутою короткозорістю різного ступеня, з яких 43 особи жіночої статі (56,6 %) та 33 особи чоловічої статі (43,4 %), середній вік становив 27,6 ± 1,9 року. Волонтери проходили щорічний медичний огляд на базі атестованої МОЗ України амбулаторії загальної практики сімейної медицини № 7; клініко-діагностичної лабораторії «CentroLab»; Дніпропетровської обласної клінічної лікарні імені І. І. Мечникова у м. Дніпро з квітня 2023 до травня 2025 року згідно із загальноприйнятими методиками. Учасники дослідної групи обстежувалися в умовах оптичної корекції зору.

У роботі визначали показники вегетативної регуляції та адаптаційного потенціалу, а саме: індекс Робінсона (ІР), коефіцієнт функціонального стану ССС ($КФС_{ссс}$), коефіцієнт функціонального стану кардіореспіраторної системи ($КФС_{кр}$), індекс Кердо (ІК), індекс Хильденбранта (ІХ) та адаптаційний потенціал за Баєвським Р. М. [1; 2].

Робота виконана відповідно до Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини у якості об'єкта дослідження», «Загальної декларації з біоетики та прав людини» та відповідного законодавства України [3-5]. Усі волонтери підписали інформовану згоду на участь у дослідженні.

Отримані результати свідчать, що у контрольній групі спостерігався збалансований стан автономної нервової регуляції, який характеризувався оптимальним співвідношенням симпатичних і парасимпатичних впливів та адекватними адаптаційними можливостями організму. Значення ІР становило 92,8 ± 2,8 у.о., що відповідає середньому рівню активності регуляторних механізмів. Показник $КФС_{ссс}$ становив 0,65 ± 0,04

у.о., а $КФС_{кр}$ – 0,25 ± 0,05 у.о., що вказує на достатній рівень функціональних резервів системи кровообігу.

Значення ІК у контрольній групі становило -6,8 ± 0,6 у.о., що свідчить про врівноважений стан ВНС із незначною перевагою парасимпатичних впливів. Індекс Хильденбранта (4,41 ± 0,35 у.о.) та адаптаційний потенціал (2,38 ± 0,05 у.о.) перебували в межах фізіологічної норми, що підтверджує стабільність вегетативного гомеостазу та ефективність механізмів регуляції ССС у практично здорових осіб.

На відміну від контрольної групи, в осіб із набутою короткозорістю виявлено зміни, що відображають напруження регуляторних механізмів і зсув вегетативного балансу.

Значення ІР у групі короткозорих осіб було достовірно більшим і становило 98,5 ± 3,3 у.о., що на 6,1 % перевищує показник контрольної групи. Підвищення цього показника свідчить про зростання потреби міокарда в кисні та енергії, а також про підвищення функціонального навантаження на серце. З фізіологічної точки зору виявлені зміни відображають активацію центральних механізмів регуляції кровообігу та можуть розглядатися як прояв адаптаційної реакції організму у відповідь на функціональне навантаження, зумовлене тривалим зоровим напруженням.

Значення ІК у групі осіб із набутою короткозорістю також мало достовірні зміни: воно збільшилося до -5,2 ± 0,4 у.о., що на 23,5 % більше порівняно з контролем. Хоча значення ІК в обох групах залишалося в межах фізіологічної норми (від -15 до +15 у.о.), його зміщення у бік менших негативних значень свідчить про зниження парасимпатичного впливу та відносне посилення симпатичної активності. Така тенденція до симпатикотонії є типовою для станів функціонального напруження організму.

Інші показники, зокрема $КФС_{ссс}$, $КФС_{кр}$, ІХ та адаптаційний потенціал, не мали статистично достовірних відмінностей між групами, проте характеризувалися певними змінами.

Значення $КФС_{ссс}$ у групі короткозорих осіб становило 0,64 ± 0,06 у.о., що на 1,5 % менше порівняно з контролем. Показник $КФС_{кр}$ також демонстрував тенденцію до зниження на 4,0 %, залишаючись при цьому в межах норми (0,24 ± 0,03 у.о.). Ці

показники можуть свідчити про незначне зниження ефективності гемодинамічних процесів або про перерозподіл регуляторних ресурсів у відповідь на функціональне навантаження.

Індекс Хильденбранта становив 4,45 ± 0,28 у.о. та був більшим на 0,9 %, що вказує на збереження стабільності взаємозв'язку між серцевим та дихальним ритмами.

Значення адаптаційного потенціалу в обох групах перебувало в межах діапазону 2,2–3,0 у.о., що відповідає стану напруження механізмів адаптації. У групі осіб із набутою короткозорістю цей показник становив 2,5 ± 0,04 у.о. та був більшим на 5,0 % порівняно зі значенням контрольної групи. Це свідчить про підвищене навантаження на регуляторні системи.

Таким чином, сукупність отриманих результатів дає змогу зробити висновок, що в осіб із набутою короткозорістю формується стан активації вегетативної нервової системи, який характеризується тенденцією до симпатикотонії та напруженням адаптаційних механізмів. Виявлені зміни мають компенсаторно-адаптаційний характер і спрямовані на підтримання адекватного рівня кровообігу в умовах підвищеного функціонального навантаження, асоційованого з тривалим зоровим напруженням.

Список літератури

1. Мальцева О. Б., Ляховець Л. О. Функціональна та клініко-лабораторна діагностика. Ужгород : Прінтлайн, 2022. 213 с.
2. Маліков М. В., Сватьєв А. В., Богдановська Н. В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті : навч. посіб. Запоріжжя: вид-во ЗНУ, 2020. 227 с.
3. WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Participants. 2013. URL: https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki/ (дата звернення: 16.03.2026).
4. Universal Declaration on Bioethics and Human Rights. Paris: UNESCO, 2005. URL: https://www.unesco.org/en/legal-affairs/universal-declaration-bioethics-and-human-rights (дата звернення: 16.03.2026).
5. Про затвердження порядку проведення клінічних випробувань лікарських засобів та експертизи матеріалів клінічних випробувань і Типового положення про комісії з

питань етики : наказ Міністерства охорони здоров'я України № 690 від 23.09.2009 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1010-09#Text (дата звернення: 13.03.2026).

УДК: 611.018 (092) (477.84)

КЛІТИННО-МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ УЧАСТІ НЕЙТРОФІЛІВ У ПАТОГЕНЕЗІ ЗАПАЛЕННЯ

[1]Волошин О. С., [1]Шейко В. І., [2]Волошин В. Д., [2]Сморщок Ю. С., [3]Стрельцова В. В.

[1]Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
[2]Тернопільський національний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського МОЗ України
[3]Психолог Айдарської ЗЗСО, с. Айдар, Луганська обл. (евакуйований в м. Дніпро з 2022 року)
E-mail: voloshyn@tnpu.edu.ua

Нейтрофіли є найчисленнішою групою лейкоцитів і першими клітинами імунної системи, що мігрують в осередок запалення, спричиненого інфекційним або травматичним ушкодженням, або порушенням кровообігу і розвитком ішемії. Протягом тривалого часу фагоцитоз традиційно вважали основною функцією нейтрофільних гранулоцитів. Однак, сучасні дослідження розширюють уявлення про роль цих гранулярних лейкоцитів в реакціях первинної імунної відповіді, патогенезі запалення і регенерації. Мета роботи - проаналізувати сучасні фахові літературні джерела з питань дослідження клітинних механізмів запалення і ролі в ньому нейтрофільних гранулоцитів. Проведено аналіз літературних джерел шляхом використання науковометричних баз даних і пошукових систем наукової інформації, зокрема, PubMed і Google Scholar.

Клітинно-молекулярні механізми ініціації і контролю процесу запалення залишаються актуальним напрямом досліджень. Пошкоджені клітини виділяють молекулярні фактори хемотаксису, зокрема, інтерлейкіни, лейкотрієни. В процесі захисної реакції нейтрофіли здійснюють дегрануляцію вмісту

вторинних специфічних гранул: лактоферину, лізоциму, нейтрофільної еластази. Гостра фаза запалення пов'язана з активною міграцією в ділянку пошкодження клітин імунної системи та впливом медіаторів запалення: цитокінів, білків гострої фази, хемокінів. В окремих випадках гострої фази запалення вистачає для початку загоєння. Однак, за певних обставин розвивається стійке запалення, що може призвести до хронічної фази з глибшим ушкодженням тканин і наступним фіброзом. Хронічне запалення є додатковим сприятливим чинником розвитку ряду захворювань, серед них астма, атеросклероз, артрит, діабет¸ автоімунні захворювання, рак [2].

Фізіологічна роль нейтрофільних гранулоцитів як чинників спадкового імунного захисту з прозапальними функціями певний час вважали достатньо вивченою і зрозумілою. Однак, останні дослідження свідчать про значно складніший спектр функцій цих лейкоцитів. Встановлено, що нейтрофіли здатні регулювати регенераторні, автоімунні та хронічні запальні процеси. Нейтрофільні гранулоцити сприяють формуванню набутого імунітету, беруть участь в регуляції подальшої адаптивної імунної відповіді. З огляду на це, інтерес до механізмів функціонування і діапазону можливостей нейтрофілів відновився і включає такі питання як тривалість життя, характеристика субпопуляцій нейтрофілів, маргінація та секвестрація нейтрофілів [3]. В ділянках пошкодження тканин нейтрофільні гранулоцити здійснюють фагоцитарну функцію, продукують активні форми кисню, утворюють позаклітинні пастки. Традиційно нейтрофіли розглядають як першу лінію антимікробного захисту. Однак сучасні дослідження демонструють, що нейтрофіли не лише забезпечують спадкову неспецифічну імунну функцію, але здатні також стимулювати набуту імунну відповідь шляхом взаємодії з дендритними клітинами та лімфоцитами. Доведена гетерогенність нейтрофілів, існування різних функціональних фенотипів, особливо при запальних процесах і розвитку злоякісних захворювань [4] Активовані нейтрофіли здатні вивільняти позаклітинні пастки, які захоплюють і розкладають патогени. Позаклітинні пастки вивільняються нейтрофілами під час запальної реакції і утворені деконденсованим ядерним

хроматином, пов'язаним з білками. Вивільнені пастки здатні фіксувати патогени і знищувати їх за допомогою антимікробних пептидів. Позаклітинні пастки нейтрофілів (ППН) володіють також імуномодулюючою дією через активацію макрофагів, дендритних клітин і Т-клітин [1].

В багатьох джерелах позаклітинні нейтрофільні пастки описують як чинник антибактеріального захисту. Однак, надмірна кількість ППН цілком здатна викликати запалення та пошкодження тканин. Дослідження показують, що одним з наслідків формування надмірної кількості ППН є ендотеліальна дисфункція, яка, своєю чергою, є основною причиною пошкодження тканин і розвитку багатьох запальних захворювань. ППН можуть активувати систему комплементу для взаємодії з ендотеліальними клітинами, використовувати власні ферменти, вивільняти частинки у вигляді молекулярних патернів, пов'язаних з пошкодженням тканин, та зрештою посилювати запалення. З огляду на роль ендотеліальної дисфункції, індукованої ППН, у різних захворюваннях, актуальним питанням є створення можливих молекулярних механізмів лікування захворювань, пов'язаних з утворенням надмірної кількості ППН [5].

Подальші дослідження варто зосередити на оцінці регуляторної функції нейтрофілів, їх здатності виділяти цитокіни та хемокіни, їх взаємодії з іншими клітинами у тканинах організму з метою регуляції процесу репаративної регенерації і загоєння, а також дослідженню патологічної ролі нейтрофілів, оскільки їх надмірна активність і зростання кількості ППН є додатковим фактором ушкодження тканин і розвитку запалення з можливою хронізацією процесу. Нейтрофіли є одним з чинників руйнації тканин при хронічних запальних захворюваннях кишок і аутоімунних процесах, потребує подальшого дослідження виділення активних форм кисню та ферментів при тривалому запаленні, адже це пошкоджує не лише збудників захворювання, а й здорові клітини організму.

Клітинно-молекулярні механізми фундаментального процесу запалення залишаються недостатньо вивченими. Поглиблений аналіз ролі нейтрофілів у патогенезі запалення є актуальною темою експериментальної біології і практичної

медицини. Це пов'язано з невирішеними питаннями контролю запалення, оптимізації процесів загоєння тканин, попередженням розвитку хронічного запалення.

Список літератури

1. Dömer D., Walther T., Möller S., Behnen M., Laskay T. Neutrophil Extracellular Traps Activate Proinflammatory Functions of Human Neutrophils. *Front Immunol*. 2021 Jun 8;12:636954. doi: 10.3389/fimmu.2021.636954.
2. Germolec D.R., Shipkowski K.A., Frawley R.P., Evans E. Markers of Inflammation. *Methods Mol Biol*. 2018. 1803:57-79. doi: 10.1007/978-1-4939-8549-4_5.
3. Liew PX, Kubes P. The Neutrophil's Role During Health and Disease. Physiol Rev. 2019 Apr 1;99(2):1223-1248. doi: 10.1152/physrev.00012.2018.
4. Rosales C. Neutrophils at the crossroads of innate and adaptive immunity. *J Leukoc Biol*. 2020 Jul;108(1):377-396. doi: 10.1002/JLB.4MIR0220-574RR.
5. Yu S., Liu J., Yan N. Endothelial Dysfunction Induced by Extracellular Neutrophil Traps Plays Important Role in the Occurrence and Treatment of Extracellular Neutrophil Traps-Related Disease. *Int J Mol Sci*. 2022 May 17;23(10):5626. doi: 10.3390/ijms23105626.

УДК 612.801.7:612.313.1]:612.766.1

THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM ITS INFLUENCE OF SALIVA MICROCRYSTALLISATION DURING ADAPTATION TO PHYSICAL EXERCISE

[1]Sutormin D. O., [2]Sheiko V.I.

[1]Mykola Gogol State University of Nizhyn,
[2]Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
E-mail: sutormindenys@ukr.net, interliycin@ukr.net

Nowadays, considerable effort has been devoted to developing a new generation of saliva analysis strategies, owing to the ease of collection, its non-invasive properties and economic efficiency in biomedical research, personalised medicine and health monitoring, for assessing levels of various disease biomarkers, medication research and

studying pharmacokinetic effects and preventing future diseases. Non-stimulated mixed oral fluid (saliva) is a valuable material for understanding physiological and pathophysiological processes, as biochemicals from the blood are transferred into saliva through ultrafiltration and diffusion, reflecting the body's condition, the effects of physical exertion and systemic health. By breaking saliva down into its constituent components in the early 2000s, the term «salivomics» emerged, reflecting the rapid, comprehensive adoption of saliva research and encompassing: proteomics (proteins), genomics (DNA), metabolomics (metabolite profiles), immunomics (immune components), microbiomics (microbial populations) and transcriptomics (RNA) [2].

Sports medicine research has found that saliva is the optimal fluid for monitoring athletic performance, assessing the stress response to physical activity, and developing strategies for restoring the body's physiological reserves, immune activation and oxidative stress, respectively. Physical activity, in both cyclic and non-cyclic sports, affects key characteristics of saliva, such as consistency, flow rate, pH, buffer capacity, and the concentration of organic and electrolyte components [5].

The autonomic nervous system regulates the composition and quantity of saliva. The sympathetic nervous system is activated during physical exertion, leading to changes in salivation: the secretion of small volumes of saliva, alterations in protein composition, and the reabsorption and secretion of electrolytes in secretory cells, thereby modifying the ionic concentration of saliva. Na^+, Ca^{2+}, Cl^-, HCO_3^- and proteins (S-type cystatins, cystatin C, α-amylase, lysozyme, MUC5B, etc.) increase as a result of physical exertion, whilst the concentration of K^+ changes slightly. Cortisol in saliva and blood serum increases linearly with the intensity of physical exercise. The activity of the parasympathetic branch of the ANS dominates at rest. During exercise in healthy adults, a significant reduction in parasympathetic tone and a marked increase in sympathetic nervous system activation are observed both during and for up to an hour after exercise. Recovery from physical exertion is accompanied by a progressive increase of parasympathetic activity, whilst sympathetic activity decreases to the baseline level of the resting state [3; 5].

Lactate can be used to indicate training effectiveness and intensity, as it accumulates during anaerobic respiration when the rate of lactate production exceeds the rate of removal. The exercise-induced increase in salivary lactate is reproducible and independent of a reduction in salivary flow rate following exercise, and correlates closely with plasma levels. 3-methylhistidine and taurine indicate physiological stress on skeletal muscles and muscle catabolism (taurine has a direct correlation with the distance covered). Metabolites associated with performance following standardised training sessions involving increased energy consumption include creatine, inositol, glucose, citrate and lactate [4].

The influence of the autonomic nervous system, against a background of chronic (prolonged) stress, is due to the functional dominance of the sympathetic nervous system over the parasympathetic nervous system and changes in the electrolyte characteristics of saliva; as a result, the microcrystallisation potential of saliva is affected, which triggers microcrystallisation and structure-forming changes in crystalline aggregates. Chronically stressful factors cause a shift in the ratio of electrolyte and fractional components, resulting in changes to the microcrystal architecture and the pattern of the test sample [1].

In the context of varying functional activity of the autonomic nervous system and its components (the sympathetic and parasympathetic nervous systems) during physical exertion, changes in microcrystallisation structure, under the influence of activation of the sympathetic or parasympathetic nervous system, opens up new prospects for fundamental and application-oriented scientific research, creating a basis for understanding saliva microcrystallisation as one of the markers determining the degree of physiological changes influenced by physical exercise of varying intensity. This area of scientific research is shaping a new direction in the clinical and functional diagnosis of various physiological states and pathophysiological processes.

Reference

1. Ємельянова Н. Ю. Стан ротової рідини пацієнтів, які перебувають в умовах тривалого хронічного стресу. *Український терапевтичний журнал.* 2023. №3. С. 40-46.
2. Сутормін Д. О. Мета-аналіз аспектів слиноміки для медико-біологічних досліджень. Moderní aspekty vědy: LI. Díl

mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. 2024. С. 230-242. https://doi.org/10.52058/51-2024
3. Chiang J.-K., Lin Y.-C., Hung T.-Y., Kao H.-H., Kao Y.-H. The Impact on Autonomic Nervous System Activity during and Following Exercise in Adults: A Meta-Regression Study and Trial Sequential Analysis. *Medicina.* 2024. № 60(8):1223. Доступно на: https://doi.org/10.3390/medicina6008122311 (дата звернення: 21.02.2026)
4. Gardner A., Carpenter G., So P. W. Salivary metabolomics: From diagnostic biomarker discovery to investigating biological function. *Metabolites.* 2020. № 10, P. 1-23. https://doi.org/10.3390/metabo10020047
5. Meyfarth S. R., Abreu M. G., Moura P. A., Marques R. V. H., et al. Assessment of salivary parameters and oral microbiota in amateur swimmers. *Arch Med Deporte.* 2024. № 41(3). P. 155-160. https://doi.org/10.18176/archmeddeporte.00169

УДК: 611.018 (092) (477.84)

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ

Волошин О. С., Вільгоцька М. В., Гуменюк Г. Б.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: voloshyn@tnpu.edu.ua

Відповідно до сучасної концепції, функціональний стан організму розглядають як рівень ефективності роботи основних фізіологічних систем, що забезпечують життєдіяльність організму, його працездатність і адаптаційний потенціал**.** Оцінка функціонального стану дозволяє визначити рівень соматичного здоров'я людини, а також виявити ранні ознаки відхилень. За літературними даними, третина дітей ще в молодших класах має ознаки захворювань опорно-рухової і дихальної систем, у чверті школярів діагностують хвороби органів системи травлення, в багатьох дітей є хвороби серцево-судинної системи, хвороби очей. В процесі навчання у кілька разів зростає кількість учнів з

порушеннями опорно-рухового апарату, функції зору, з хворобами органів системи травлення. Серед випускників загальноосвітньої школи в середньому 50% учнів мають хронічні захворювання, що може бути обмежуючим фактором в процесі соціальної адаптації та вибору професії, а цілком здоровими можна вважати лише 6% випускників [3].

Традиційно серед основних причин розвитку відхилень у здорові школярів – низький рівень фізичної активності, порушення режиму сну, нераціональне харчування, недотримання гігієнічних вимог під час навчального процесу, зокрема, при роботі з комп'ютерною технікою, зменшення часу перебування на свіжому повітрі, інформаційне, емоційне перевантаження. Однак, з початком воєнних дій 2022 року до переліку негативних факторів додались такі чинники як відсутність безпеки, загроза обстрілів, значне погіршення екологічної ситуації, повітряні тривоги. За даними Державної служби якості освіти протягом 2024 року кількість учнів, які почуваються тривожно і напружено, збільшилася майже у два рази [2].

Залишається високим рівень захворюваності органів серцево-судинної системи. В першу чергу, це артеріальна гіпертензія, гіпотензія, порушення серцевого ритму. Частка таких порушень зростає в підлітковому віці під час статевого дозрівання. Хоча серйозні патології системи кровообігу розвиваються переважно в старшому віці, негативні зміни в роботі серця і судин в підлітків можуть мати генетичну складову і в майбутньому отримати подальший розвиток [1]. Ще одним чинником потенційного зниження функціональних можливостей організму є надмірна вага. Нездорові харчові продукти, значна доступність висококалорійної їжі на фоні зниження природної рухливості є сучасними факторами потенційного розвитку ожиріння, негативного впливу на фізичне і психосоціальне здоров'я осіб підліткового та юнацького віку [4]. У багатьох випадках в молодому віці можна уникнути зниження функціональних можливостей організму, зменшити ступінь їх прояву за умови свідомого ставлення до власного здоров'я та дотримання принципів здорового способу життя. Саме тому важливого значення набуває проведення активної роз'яснювальної та

профілактичної роботи серед молоді.

Проведені нами дослідження функціонального стану організму осіб юнацького віку показали наступне. Відмінні показники індексу Робінсона, що свідчать про оптимальне гемодинамічне навантаження і достатні аеробні можливості організму, спостерігали в 20,81 % осіб, хороший і середній рівень індексу мали 43,58 % і 35,61 % осіб відповідно. Показники індексу Робінсона відображають баланс між гемодинамічним навантаженням і енергетичними ресурсами організму, це інтегральний показник ефективності роботи системи кровообігу.

Дослідження рівня адаптаційного потенціалу за Баєвським показало, що серед обстежених переважають особи з незначною напругою механізмів адаптації. Серед усього контингенту кращі значення адаптаційного потенціалу за Баєвським – 2,09±0,15 у.о. – мали особи з відмінним значенням індексу Робінсона, в осіб із хорошим і середнім рівнями індексу Робінсона цей показник становив відповідно: 2,45±0,11 і 2,54±0,18 у.о. Осіб з ознаками незадовільної адаптації за Баєвським не виявлено.

В усіх обстежених, незалежно від рівня індексу Робінсона, показники артеріального тиску не виходили за межі фізіологічної норми. Однак, в групи осіб з відмінним рівнем індексу Робінсона показники артеріального тиску систолічного і діастолічного мали найнижче значення і склали 112,34±3,87 мм рт.ст. і 65,8±5,08 мм рт.ст. відповідно.

За результатами проби Руф'є були сформовані дві групи з різним рівнем працездатності серця. Резервні можливості функції зовнішнього дихання за показниками індексу Скібінського в осіб з добрим рівнем працездатності серця склали 21,65 ± 3,72, а в обстежених із задовільним рівнем працездатності серця - 18,11 ± 5,91. В обох випадках це свідчить про середній рівень стійкості до гіпоксії. Водночас, показник життєвої ємності легень в осіб 2-ої групи наближений до нижньої межі норми і становив 2,9 ± 0,21 л; меншим був і показник часу затримки дихання.

Оцінка витривалості дихальних м'язів за пробою Розенталя показала позитивну динаміку показника життєвої ємності легень протягом 5-и послідовних проб в осіб обох груп. Однак, зростання показника ЖЄЛ під час виконання 5-ої проби не перевищувало 250

мл, що свідчить про відсутність серед обстежених осіб з високим рівнем тренованості апарату дихання.

Отже, досліджувані функціональні показники серцево-судинної і дихальної систем відповідають нормативним значенням. Однак, звертає увагу відсутність серед обстежених юнацького віку осіб з високим рівнем працездатності серця за пробою Руф'є. Рівень тренованості дихального апарату в обстежених не перевищує задовільного рівня, а в осіб 2-ої групи показник життєвої ємності легень наближається до нижньої межі норми. Результати досліджень підтверджують необхідність активної профілактичної роботи з молоддю, спрямованої на покращення функціонального стану системи кровообігу і дихальної системи, розуміння відповідальності за власне здоров'я, на популяризацію фізичної активності та здорового способу життя.

Список літератури

1. Волошин О.С., Гуменюк Г.Б. Оцінка стану соматичного здоров'я осіб юнацького віку з різним рівнем функціонального резерву серця. *Вісник наукових досліджень*. 2019. № 1. С.28-33.
2. Ковальчук Г. Я., Лупак О. М., Філь В. Аналіз показників рівня соматичного здоров'я учнів старших класів. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*. Серія 15. 2025. С. 96-99.
3. Платонова А.Г., Яцковська Н.Я., Шкарбан К.С. Динаміка змін функціонального стану дітей молодшого шкільного віку під час роботи з підручниками, передбаченими реформою освіти «Нова українська школа» . *Environment and health*. №1. 2024. С. 75-80.
4. Stabouli S., Erdine S., Suurorg L., Jankauskienė A., Lurbe E. Obesity and Eating Disorders in Children and Adolescents: The Bidirectional Link. *Nutrients*. 2021. No 13(12):4321.

УДК 58.0826069.53+908(477)

ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ ДИСПЕПСІЇ ТА СПК

Семенюк М-Д. П., Сяська І.О.

Рівненський державний гуманітарний університет
E-mail: dasha104411@gmail.com

Синдром подразненого кишечника в наш час є найпоширенішим захворюванням ШКТ серед населення. СПК – це функціональний розлад шлунково-кишкового тракту, який вражає приблизно 10-15% населення світу [2]. Цей патологічний стан викликає сильний дискомфорт та супроводжується абдомінальним болем, здуттям, порушенням моторики кишечника та змінами характеру випорожнень. Хоча точні причини СПК залишаються невизначеними, сучасні дослідження свідчать, що важливу роль у виникненні симптомів може відігравати мікробіом кишечника.

Окрім синдрому подразненого кишечника, актуальною проблемою гастроентерології є диспепсія, яка часто має спільні патофізіологічні механізми із СПК. Зокрема, обидва стани можуть супроводжуватися порушенням моторики шлунково-кишкового тракту, підвищеною вісцеральною чутливістю та змінами складу кишкової мікробіоти. У людей нерідко спостерігається поєднання симптомів диспепсії та СПК, що свідчить про взаємозв'язок цих функціональних розладів. У цьому контексті застосування пробіотиків розглядається як перспективний підхід до профілактики, оскільки вони можуть сприяти нормалізації мікробіоти, зменшенню запальних процесів та покращенню функціонального стану травної системи.

Останні досягнення в дослідженні мікробіоти кишечника дозволили глибше зрозуміти, як дисбіоз сприяє розвитку шлунково-кишкових розладів, таких як СПК. Дисбіоз відноситься до дисбалансу мікробних спільнот у кишечнику, де кількість шкідливих бактерій може перевищувати кількість корисних, що призводить до запалення, зміни моторики кишечника та змін у кишково-мозковій осі [2].

У здорових людей баланс між корисними та умовно-патогенними мікроорганізмами підтримується за допомогою

природних механізмів організму [1]. У пацієнтів із СПК, на відміну від здорових, спостерігається дисбіоз – зміна складу та функцій мікробіому, що призводить до порушення роботи кишечника. Частота дисбактеріозу серед пацієнтів із СПК спостерігалася у 73% [3]. Встановлення взаємозв'язку між дисбіозом та СПК відкрило нові можливості для терапії цього захворювання. Науковці виявили, що у людей зі СПК зменшується кількість бактерій родів Lactobacillus та Bifidobacterium, які виконують захисну роль, а натомість збільшується кількість умовно-патогенних мікроорганізмів, таких як *Escherichia coli lac* та *Clostridium* [1].

Традиційні підходи, такі як дієта, медикаменти для регуляції моторики кишечника чи антидепресанти, не завжди ефективні. Тому інтерес дослідників все частіше спрямовується на усунення симптомів СПК та диспепсії, зокрема за допомогою пробіотиків – живих мікроорганізмів, які здатні покращувати стан кишкової мікробіоти [1]. Пробіотики мають унікальну властивість впливати на баланс мікробіоти кишечника через пригнічування росту умовно-патогенних мікроорганізмів, відновлюючи «здоровий» склад мікробіоти. Крім того, вони зміцнюють клітинні з'єднання епітелію, знижуючи проникність кишечника, знижують рівень прозапальних цитокінів, які викликають дискомфорт і біль, а також впливають на вісь «кишечник-мозок», знижуючи підвищену чутливість нервових закінчень, яка часто спостерігається при СПК [1].

Сучасні дослідження демонструють, що використання пробіотиків може зменшувати вираженість симптомів СПК, таких як біль, здуття та порушення дефекації, а також сприяти покращенню якості життя пацієнтів [1]. Наприклад, пробіотики з *Bifidobacterium infantis* та *Lactobacillus plantarum* продемонстрували ефективність у зменшенні запалення та нормалізації моторики кишечника [1].

Людина може отримувати пробіотичні комплекси з їжі, зокрема з ферментованих продуктів. Наприклад, квашена капуста містить бактерії типу *Lactobacillus plantarum*, а домашні йогурти на заквасці є багатими на *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*, які сприяють зменшенню симптомів синдрому подразненого

кишечника та полегшенню диспепсії. Також в Україні представлені багатоштамові пробіотики власного виробництва, зокрема VIVO та Лактіале, у складі яких містяться комбінації таких мікроорганізмів, як *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium longum* та *Streptococcus thermophilus*.

Дослідники які проводили мета-аналіз мікробіоти кишечника виявили, що багатоштамові пробіотики були більш ефективними для покращення загальних симптомів СПК, ніж одноштамові пробіотики [2].

Досягнення у вивченні мікробіома кишечника значно вплинули на профілактику СПК та диспепсії, зміщуючи фокус у бік відновлення мікробного балансу ШКТ та індивідуального підходу до підбору пробіотичних комплексів.

Одним з найважливіших напрямків у профілактиці СПК та диспепсії є рух до персоналізованого підходу, де пробіотичні комплекси підбираються під індивіда на основі складу його мікробіому, генетичної схильності та факторів способу життя. Такі компанії, як uBiome і Viome, пропонують послуги з аналізу мікробіомів, які надають персоналізовані рекомендації щодо змін дієти та використання пробіотиків на основі індивідуальних профілів мікробіоти [2].

Використання фармабіотиків як інноваційного підходу, з урахуванням важливості персоніфікованого підбору, відкриває перспективи для більш точного та ефективного відновлення балансу кишкового мікробіому, а також дозволяє здійснювати профілактику гастроентерологічних захворювань.

Список літератури

1. Intermedical journal. Персоніфікований підхід у лікуванні синдрому подразненого кишечника: перспективи використання фармабіотиків кишечника. URL: https://journals.uzhnu.uz.ua/index.php/intermedical/article/view/1202/1293
2. Research of Young Scientists: From Idea Generation to Project Implementation : матеріали конференції. 2024. URL: https://eu-conf.com/wp-content/uploads/2024/09/ research-of-young-scientists-from-idea-generation-to-project-implementation.pdf

3. Verdugo F. Microbiome-Based Diagnostics for Personalized IBS Treatment. *Frontiers in Microbiology*. 2019:01136. URL: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2019.01136/full

УДК 616-097:796

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ІМУННОГО СТАТУСУ СПОРТСМЕНІВ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Манжай Ю. А.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: drqeqper@gmail.com

Інтенсивні фізичні навантаження супроводжуються суттєвими змінами функціонального стану організму, зокрема імунної системи. Відомо, що тривалі або високі за інтенсивністю навантаження можуть спричиняти транзиторні порушення імунної реактивності, що проявляється змінами як неспецифічних гематологічних показників, так і клітинної ланки імунітету. Водночас більшість сучасних досліджень зосереджені на окремих показниках, без урахування їх взаємозв'язку. Це обумовлює необхідність комплексного підходу до оцінки імунного статусу спортсменів. Відтак, мета дослідження – провести комплексну оцінку імунного статусу спортсменів при фізичних навантаженнях на основі аналізу показників периферичної крові та субпопуляцій лімфоцитів.

У дослідженні брали участь спортсмени ігрових видів спорту (n=25), які перебували в умовах регулярних фізичних навантажень [1]. Дослідження включало визначення загальної кількості лейкоцитів, абсолютної кількості лімфоцитів та субпопуляцій лімфоцитів (CD3+, CD4+, CD8+, CD16+, CD22+) методом проточної цитофлуориметрії. Оцінку проводили у динаміці – до та після курсу застосування препарату. Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням стандартних методів із визначенням достовірності відмінностей ($p<0,05$).

У спортсменів при фізичних навантаженнях встановлено зміни показників імунної системи. Рівень лейкоцитів достовірно

знижувався з 6,83±0,09 до 6,08±0,07×10⁹/л ($p<0,05$), що свідчить про зменшення напруження імунної відповіді. Водночас абсолютна кількість лімфоцитів зростала з 1,26±0,04 до 1,38±0,03×10⁹/л ($p<0,05$), це вказує на активацію клітинної ланки імунітету [2, 3].

Виявлені зміни лейкоцитів супроводжувалися змінами субпопуляцій лімфоцитів, що відображає системний характер імунної відповіді. [4]. Аналіз CD-маркерів показав підвищення рівня CD3+ клітин з 0,74±0,04 до 0,88±0,04×10⁹/л, CD4+ – з 0,53±0,02 до 0,61±0,03×10⁹/л, а CD8+ – з 0,24±0,03 до 0,28±0,02×10⁹/л ($p<0,05$).

Співвідношення CD4+/CD8+ залишалося стабільним (2,21±0,12 до 2,18±0,09), що свідчить про збереження імунорегуляторного балансу. Показники CD16+ мали тенденцію до підвищення (0,15±0,01 до 0,16±0,01×10⁹/л), що вказує на активацію неспецифічної ланки імунітету. Рівень CD22+ залишався стабільним (0,28±0,033 до 0,29±0,02×10⁹/л) [4, 5].

Таким чином, у спортсменів при фізичних навантаженнях встановлено узгоджені зміни показників периферичної крові та субпопуляцій лімфоцитів. Підвищення CD3+, CD4+ та CD8+ клітин свідчить про активацію клітинної ланки імунітету, тоді як стабільність співвідношення CD4+/CD8+ вказує на збереження імунорегуляторного балансу. Отримані результати відображають системний характер адаптаційних змін імунної системи.

Список літератури

1. Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. JAMA. 2013;310(20):2191–2194.
2. Марущак М. І., Гуменюк М. І. Стан імунної системи в спортсменів високого класу. *Спортивна медицина.* 2017; № 2. С. 23–28.
3. Nieman D. C. Exercise immunology: future directions. *Journal of Sport and Health Science*. 2019;8(3):204–210.
4. Kumar V., Abbas A.K., Aster J.C. Robbins. Basic Pathology. 10th ed. Elsevier; 2019. 356 p.
5. Jurić T. Immune Parameters in Trained vs. Untrained Youth. *Journal of Sports Science*. 2021. No 10(14):4851.

УДК: 612.122.

ТИПИ ВНД ТА МІКРОКРИСТАЛІЗАЦІЙНА КАРТИНА СЛИНИ

[1]Шейко В. І., [2]Коломойцев М.

[1]Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

[2]Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

E-mail: interliycin@ukr.net, kol.max231199@gmail.com

Біологічні рідини містять різноманітні біологічні сполуки, мікро- і макроелементи, саме такий склад робить згадані рідини людського організму унікальними для діагностики. Серед біологічних рідин організму людини, слина є достатньо перспективною сполукою для діагностики функціонального стану організму [3, 4].

Так виявлено, що тип мікрокристалів слини має певну залежність від впливу ендогенних та екзогенних факторів, а також генезису фізіологічних та патофізіологічних процесів, що віддзеркалено в роботах Шейка В. І., Сутормiна Д. О. та Казначеєва Д. А. Ними було виявлено, що вроджена патологія органу зору (тотальна або часткова сліпота) супроводжується наявністю кристалів III (31,14 %), IV (59,34 %), V (9,5 %), з переважанням III і IV типів. Патофізіологічні процеси викликані вірусним гепатитом С супроводжувався наявністю кристалів IV (75 %),V (25 %) типів та відсутністю мікрокристалів I, II та III типів. Мікрокристалізація слини на фоні коінфекції ВІЛ та вірусного гепатиту С характеризувалась переважанням IV (35 %) та V (75 %) типу мікрокристалів. Також виявлено, що зміни мікрокристалізації слини на фоні різноманітних патофізіологічних процесів мають функціональний взаємозв'язок зі ступенем активації вегетативної нервової системи (симпатичної та парасиматичної складових) [1, 2].

Метою нашого дослідження було дослідити типи мікрокристалізації слини в залежності від типу ВНД.

Наше дослідженя було проведено на групі волонтерів 100 осіб (чоловічої статі), середній вік яких становив 21,2±1,6 рік. Волонтери були поділені за типом ВНД на 4 групи в кожній групі

по 25 осіб. Тип вищої нервової діяльності визначали за допомогою тестового-опитувальника. Робота виконувалась у відповідності до біоетичних норм, усі волонтери дали письмову згоду на участь в нашому досліджені.

Мікрокристалізацію слини досліджували за методикою Леуса П. А. Методика збору досліджуваного субстрату заснована на збиранні нестимульованої змішаної слини, яка акумулюється у порожнині рота до появи рефлексу ковтання слини, тобто річ іде саме про ротову рідину. Ідентифікацію мікрокристалів слини проводили шляхом диференціації на I-V типи мікрокристалічних агрегатів, за даними Aurelia Spinei, Alina Monica Picos, Ina Romanciuc [4].

I тип – характерний чіткий малюнок з великих кристалів, які зв'язані між собою, має вигляд листка папороті.

II тип – характеризується наявністю голкоподібних структур, або пооди-нокими кристалоподібними структур, які менші за формою ніж у I типі.

III тип – проявляться наявністю великих фрактальних мікрокристалів по периферії та поодиноких кристалів які мають каплеподібну або зірчасто-подібну форми, але конструкція утворення може варіюватися.

IV тип – характеризується наявністю окремих кристалів в вигляді стебла або гілки, які розташовуються відносно рівномірно по всій поверхні дегідрова-ної краплі слини.

V тип має значну кількість окремих зірчастих кристалів овальної чи неправильної форми, розташованих в ізометричному положенні [4].

Мікрокристалізація слини у всіх волонтерів характеризувалась наявністю I та II типів мікрокристалів, згідно з даними Aurelia Spinei, Alina Monica Picos, Ina Romanciuc це відповідає нормальному перебігу фізіологічних процесів, [4]. В нашому досліджені I тип становив 71 %, II тип – 29 %. I тип мікрокристалів слини у холериків становив 96 % (24 особи), сангвініків – 92 % (23 особа), флегматиків – 88 % (22 особи), меланхоліків – 8 % (2 особи). II типами мікрокристалів слини у холериків – 4 % (1 особа), сангвініків – 8 % (2 особи), флегматиків – 12 % (3 особа), меланхоліків – 92 % (23 особи).

Таким чином, І тип мікрокристалів слини переважно притаманний холерикам, сангвінікам та флегматикам, ІІ тип мікрокристалізації слини був переважно притаманний меланхолікам.

Список літератури

1. Сутормін Д. О., Шейко В. І. Особливості мікрокристалізаційної картини на фоні патофізіологічних процесів, викликаних ВІЛ-інфекцією та Гепатитом С. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Innovative Development in the Global Science» (August 26-28, 2024) Boston, USA. 2024. Т. 4. Вип. 214. С. 86-89.
2. Сутормін Д., Казначеєв Д. Мікрокристалізація слини у людей, що страждають на вроджені патології зору. *Наукові записки. Біологічні науки* (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя). 2024. № 1-2. С. 103-112. DOI:10.31654/2786-8478-2024-BN-1-2-103-112.
3. Liao C., Chen X., Fu Y. Salivary analysis: An emerging paradigm for non-invasive healthcare diagnosis and monitoring. *Interdiscip. Med*. 2023. № 1. P. 1-20. DOI:10.1002/inmd.20230009.
4. Spinei A., Picos A. M., Romanciuc I., Berar A., Mihailescu A.M. The Study of Oral Liquid Microcrystallization in Children with Gastro-Esophageal Reflux Disease. *Clujul Med.* 2014. №87(4). P. 269-276. DOI:10.15386/cjmed-387.

УДК [612.821.2+612.017.1]:617.753.2-008.1.

IMPACT OF IMMUNOSTIMULATION ON THE PROCESSING OF STIMULI ADDRESSED TO THE FIRST AND SECOND SIGNAL SYSTEMS AGAINST THE BACKGROUND OF ACQUIRED HIGH-DEGREE MYOPIA

[1]Sheiko V., [1]Voloshyn O., [2]Streltsova V.

[1]Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University
[2]Psychologist, Aidar General Secondary Education Institution, Aidar, Luhansk Region (Evacuated to Dnipro since 2022)
Email: interliycin@ukr.net, voloshyn@chem-bio.com.ua

Statistical forecasts from international organizations, such as the World Health Organization and the United Nations, state that by 2050,

the number of people with nearsightedness (myopia) will reach 5 billion, accounting for nearly half of the global population [4].

Acquired myopia, as a pathophysiological process, is accompanied by immune disorders of varying degrees and an improvement in neurodynamic functions; however, high-degree acquired myopia is an exception, as it is characterized by a significant deterioration in systemic immunity indicators and the state of neurodynamic functions [1, 5].

The aim of the study is to investigate neurodynamic function indicators and the processing of stimuli addressed to the first and second signal systems in individuals with acquired high-degree myopia during immunostimulation (with Nazoferon).

The study involved a group of volunteers divided into three categories: Group I (control) consisted of practically healthy individuals (40 males); Group II (placebo) included individuals with acquired high-degree myopia who received a saline solution as a nasal spray instead of an immunostimulant (21 males); Group III comprised individuals with acquired high-degree myopia who were administered the immunostimulant Nazoferon as a nasal spray (21 males). The administration of Nazoferon was performed in accordance with the manufacturer's instructions [2]. The diagnosis of myopia was confirmed by an ophthalmologist.

To assess the state of neurodynamic functions, we utilized the methodology developed by M.V. Makarenko [2]. This approach was used to study the latent periods of sensorimotor reactions of varying complexity: simple visual-motor reaction (SVMR), choice reaction time (CRT) selecting 1 out of 3 stimuli (LPRC1-3), and choice reaction time selecting 2 out of 3 stimuli (LPRC2-3). Geometric figures were used as stimuli addressed to the first signal system, while words served as stimuli addressed to the second signal system. The functional mobility of nervous processes (FMNP) was determined by the highest rate of differentiation between positive and inhibitory stimuli at minimum exposure in "feedback" mode. The level of functional mobility was measured by the time required to complete the test: a shorter completion time indicated a higher level of functional mobility, and vice versa. The study was conducted in accordance with bioethical standards.

Against the background of acquired high-degree myopia, when processing geometric figures (stimuli addressed to the first signal system), the SVMR was 9.13% (24.1 ms) longer, LPRC1-3 was 16.7% (57 ms) longer, and LPRC2-3 was 15.31% (59.7 ms) longer compared to the control group. The FMNP during the processing of figure-based stimuli in the high-degree myopia group was significantly lower ($p < 0.05$) than in the control. Similarly, when processing verbal stimuli (words), the SVMR in the high-degree myopia group increased by 8.07% (21.8 ms), LPRC1-3 by 6.46% (30.2 ms), and LPRC2-3 by 9.53% (49.2 ms) compared to the control. The FMNP for word-based stimulus processing against the background of high-degree acquired myopia was also significantly worse in comparison to the control group.

The administration of Nazoferon did not induce significant changes in the latent periods of sensorimotor reactions of varying complexity (for both figure-based stimuli – the first signal system, and word-based stimuli – the second) compared to baseline values. However, FMNP after Nazoferon administration showed significant improvements compared to baseline; for figure stimuli, FMNP improved by 2.2% (1.7 s), and for word stimuli, it improved by 2.0% (1.6 s). Despite these improvements, the values remained significantly lower than those observed in practically healthy individuals.

References

1. Колесник Ю. І., Шейко В. І., Львов О. С. Аналіз показників вищої нервової діяльності в залежності від ступеня короткозорості. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2019. No 4(4), pp. 268-273. DOI: 10.26693/jmbs04.04.268.
2. Макаренко М. В., Панченко В. М. Сенсомоторна реактивність у людей з різними властивостями основних нервових процесів. *Вісник нац. ун-ту оборони України*. 2012;4(29):188-193.
3. Інструкція для медичного застосування препарату НАЗАФЕРОН, затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 24.01.11 № 33. Сертифікат про державну реєстрацію № UA/15653/01/01.Термін державної реєстрації з 15.12.2021.

4. Holden B. A., Fricke T. R., Wilson D. A., Jong M., Naidoo K. S., Sankaridurg P., Wong T. Y., Naduvilath T. J., Resnikoff S. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology.* 2016. 123(5):1036-42.
5. Kolesnyk Y., Sheiko V., Dereka T. Comparison of indicators of cellular and humoral immunity in acquired myopia mild and high degree. *Zdravotnicke listy. Laboratory Medicine; Public health.* 2020;8(4);36-42.

УДК 612.017.2:616-02

ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТРЕСУ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Глазков Е. О., Зєлєнін Д. В.

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
E-mail: foleogont@gmail.com

Стрес − це неспецифічна відповідь організму на будь-яку пред'явлену йому вимогу. Згідно з концепцією Г. Сельє, він є основою загального адаптаційного синдрому (ЗАС), який забезпечує мобілізацію ресурсів для виживання.

У сучасному динамічному світі стрес перестав бути лише епізодичною реакцією на небезпеку, перетворившись на хронічний стан для значної частини населення. Актуальність дослідження фізіологічних основ стресу зумовлена стрімким зростанням психосоматичних захворювань, серцево-судинних патологій та порушень імунної системи, що безпосередньо пов'язані з тривалою дією гормонів стресу. Розуміння механізмів переходу від адаптаційного синдрому до стадії виснаження є критично важливим для розробки методів профілактики та збереження трудового потенціалу людини в умовах глобальних викликів (пандемій, соціально-економічних криз, воєнних конфліктів).

Стрес зазвичай визначається як стан реальної або уявної загрози гомеостазу. Підтримка гомеостазу за наявності несприятливих подразників (стресорів) вимагає активації складного спектру реакцій, що включають ендокринну, нервову та імунну системи, що разом відомі як стресова реакція [1].

Фізіологічна реакція на стрес є життєво необхідною для короткострокової адаптації, проте її хронічна форма є руйнівним фактором для соматичного та психічного здоров'я. Своєчасна корекція способу життя та психофізіологічна релаксація є необхідними елементами превентивної медицини.

Підтримка гомеостазу за наявності реальних або уявних проблем вимагає активації складного спектру реакцій, що включають ендокринну, нервову та імунну системи, що разом відомі як стресова реакція. Невідповідна регуляція стресової реакції пов'язана з широким спектром патологій, включаючи аутоімунні захворювання, гіпертонію, афективні розлади та велику депресію [3].

Пов'язані зі стресом психічні та фізіологічні сигнали інтегруються лімбічними структурами, зокрема мигдалиною та префронтальною корою, які передають сигнали до паравентрикулярного ядра (ПВЯ) гіпоталамуса. ПВЯ відіграє ключову роль, секретуючи кортикотропін-рилізинг-гормон (КРГ), ключовий ініціатор каскаду осі гіпоталамус-гіпофіз-наднирники (ГГН). Потім КРГ стимулює передню частку гіпофіза до вивільнення адренокортикотропного гормону (АКТГ), що зрештою призводить до секреції кортизолу корою надниркових залоз [4].

Однак, за умов хронічного стресу, вісь ГГН може втратити свою адаптивну функцію. Тривалий вплив кортизолу може призвести до порушення зворотного зв'язку та резистентності глюкокортикоїдних рецепторів, що призводить до зниження імуносупресивної дії та прозапального стану [5].

Функціонування цілісного організму підтримується складною ієрархічною системою стресу, яка ініціює генералізовану адаптаційну відповідь у разі, якщо інтенсивність зовнішнього або внутрішнього подразника долає індивідуальний поріг резистентності.

Система стресу координує адаптивну реакцію організму на реальні або сприйняті стресори. Основними компонентами системи стресу є системи кортикотропін-рилізинг-гормону (КТРГ) та блакитного локусу-норадреналіну/вегетативної системи (ЛНА/ВНС) та їх периферичні ефектори та гіпоталамо-

гіпофізарно-надниркова вісь. Активація системи стресу призводить до поведінкових та периферичних змін, які покращують здатність організму регулювати гомеостаз та збільшують його шанси на виживання. Таким чином, ЛНА/ВНС та система ЛНА/ВНС стимулюють збудження та увагу, а також мезокортиколімбічну дофамінергічну систему, яка бере участь у феноменах антиципації та винагороди, та мигдалину, яка відповідає за виникнення страху. Гіпоталамічний КТРГ відіграє важливу роль у пригніченні секреції гонадотропін-рилізинг-гормону під час стресу, тоді як через соматостатин він також пригнічує секрецію гормону росту, тиреотропін-рилізинг-гормону та тиреотропіну, пригнічуючи таким чином розмноження, ріст та функцію щитоподібної залози [2].

Симпато-адреналова гілка забезпечує миттєву секрецію катехоламінів, що готує серцево-судинну систему до режиму «боротьби або втечі», тоді як гіпоталамо-гіпофізарно-надниркова вісь відповідає за пролонговану адаптацію через каскад гормональних сигналів, фінальним етапом якого є вивільнення глюкокортикоїдів (зокрема кортизолу) корою надниркових. Фізіологічний сенс стрес-реакції полягає у динамічному перерозподілі енергетичних ресурсів. Задля виживання організм тимчасово пригнічує функції, які не є критичними у момент небезпеки. Сучасні нейроендокринні дослідження демонструють складну взаємозалежність між стрес-системою та іншими регуляторними осями.

Репродуктивна функція: стрес гальмує виділення гонадотропінів, що за тривалого впливу веде до дисфункцій статевої системи. Соматотропна функція: пригнічення секреції гормону росту та інсуліноподібного фактора росту-1 (IGF-1). Імунна відповідь: кортизол має супресивну дію на лімфоцити, що пояснює високу вразливість осіб у стані хронічного стресу до інфекційних та аутоімунних агентів [4, 5].

Незважаючи на еволюційну доцільність стресу як механізму захисту, його надмірна тривалість призводить до стану алостатичного навантаження. Фізіологічні зміни стають деструктивними: тривала гіпертонія пошкоджує ендотелій судин, висока концентрація глюкози сприяє інсулінорезистентності, а

нейрогуморальні зрушення в лімбічній системі мозку деформують емоційні та когнітивні патерни поведінки. Таким чином, перехід від адаптивної реакції до патологічного стану визначається здатністю систем організму до своєчасного повернення гомеостатичної рівноваги.

Список літератури

1. Carrasco G. A., Van de Kar L. D. Neuroendocrine pharmacology of stress. *European Journal of Pharmacology*. 2003. Vol. 463, Is. 1-3. P. 235–272.
2. Chrousos G. The role of stress and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the pathogenesis of the metabolic syndrome: neuro-endocrine and target tissue-related causes. *International Journal of Obesity.* 2000. Vol. 24, Suppl. 2. P. 250–255.
3. Smith S. M., Vale W. W. The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress. *Dialogues in Clinical Neuroscience*. 2006. Vol. 8, No. 4. P. 383–395.
4. Sheng J. A., Bales N. J., Myers S. A., et al. The Hypothalamic–Pituitary–Adrenal Axis: Development, Programming Actions of Hormones, and Maternal–Fetal Interactions. *Frontiers in Behavioral Neuroscience.* 2021. Vol. 14. Art. 601939.
5. Ring M. An Integrative Approach to HPA Axis Dysfunction: From Recognition to Recovery. *American Journal of Medicine*. 2025. Vol. 138. P. 1451–1463.

УДК 612.8:612.017.2-057.87

ОСОБЛИВОСТІ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ У СТУДЕНТОК РІЗНИХ ФАКУЛЬТЕТІВ НА ПОЧАТКОВОМУ ЕТАПІ НАВЧАННЯ

Гулька О. В., Грабик Н. М., Грубар І. Я., Омельяненко В. Г.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: olhahulka@tnpu.edu.ua, ngrabyk@gmail.com

Період адаптації студентів-першокурсників до умов навчання у закладі вищої освіти супроводжується підвищеним рівнем психоемоційного напруження, що впливає на активність префронтальної кори та виконавчі функції вищих відділів

центральної нервової системи [1, 3]. При цьому когнітивна працездатність є ключовою в оцінці функціонального стану ЦНС. Увага та пам'ять є базовими компонентами сприйняття, обробки та відтворення інформації, що визначають ефективність навчальної діяльності студентів та залежать від функціонального стану організму й активності нейронних структур мозку [1, 2]. Крім того, науковці встановили, що когнітивні характеристики студентів можуть варіювати залежно від профілю підготовки, що зумовлює актуальність їхнього порівняльного аналізу [4, 5].

Для дослідження психофізіологічних функцій були залучені 125 студенток Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, які представляли різні факультети: іноземних мов (ІМ, n=32), фізичного виховання (ФВ, n=33), фізико-математичний (ФМ, n=30) та хіміко-біологічний (ХБ, n=30). Вибір респонденток обумовлений тим, що особливості прояву психофізіологічних функцій можуть залежати від характеру та інтенсивності навчального навантаження.

Оцінювання психофізіологічних характеристик здійснювали шляхом аналізу показників уваги та короткочасної пам'яті. Параметри уваги (обсяг, стійкість і продуктивність) визначали за допомогою коректурної проби Анфімова. Розподіл уваги оцінювали методом пошуку чисел. Показники переключення уваги встановлювали із застосуванням «червоно-чорних» таблиць Шульте. Для вивчення мнемічних процесів використовували методику оцінки обсягу короткочасної зорової пам'яті, яка включала запам'ятовування різних типів стимульного матеріалу: складів, слів, чисел та геометричних фігур.

Показники уваги розглядаються як інтегральні індикатори функціонального стану ЦНС, що відображають ефективність взаємодії піркових і підкіркових структур, насамперед фронто-парієтальної (лобно-тім'яної) кори, яка забезпечує регуляцію виконавчого контролю [1].

Студентки ХБ характеризувалися найкращими показниками обсягу та продуктивності уваги, порівняно з групами ФВ та ФМ ($p < 0,05$), тоді як першокурсниці ІМ лише з ФВ ($p < 0,05$), що може свідчити про більшу ефективність функціонування сенсорних та асоціативних зон, а також лобно-тім'яної ділянки кори, що

забезпечує утримання та обробку значного обсягу інформації [2]. Натомість найнижчі показники у групі ФВ ($p < 0,05$) можуть бути пов'язані з меншою спеціалізацією на обробці символічного матеріалу.

Стійкість уваги у всіх групах відповідала високим значенням (0,91–0,94 ум. од.), що вказує на стабільність процесів збудження і гальмування у корі головного мозку.

Показники розподілу уваги були достовірно нижчими у студенток ФВ, порівняно з ХБ та ФМ ($p < 0,05$). Це може бути пов'язано з обмеженою здатністю до паралельної обробки інформації, яка реалізується за рахунок інтеграційної діяльності різних кіркових зон [2].

Показники переключення уваги у групі ФВ було найповільнішими, що може свідчити про меншу ефективність механізмів когнітивної гнучкості, яка забезпечуються взаємодією префронтальної кори та підкіркових структур, зокрема базальних гангліїв [4].

Відсутність достовірних відмінностей між групами у кількості допущених помилок може бути зумовлена впливом адаптаційного стресу, характерного для першокурсників. Підвищення рівня кортизолу в умовах стресу призводить до зниження ефективності префронтальної кори, що негативно впливає на точність виконання завдань при відносному збереженні або навіть підвищенні швидкісних характеристик [1, 3].

Аналіз показників короткочасної пам'яті показав, що найнижчі результати, як і більшість показників уваги, були у студенток ФВ.

Високі показники пам'яті на склади та слова у студенток ІМ є закономірною специфічною здатністю для даного фаху. Це узгоджується з даними науковців про функціональну спеціалізацію скроневих ділянок кори та мовного центру, які активно залучаються у процесі навчання, а виконання завдань на запам'ятовування беззмістовного матеріалу (складів) потребує активного залучення робочої пам'яті та контролю з боку префронтальної кори [3, 4].

Кращі результати пам'яті на цифри у студенток ФМ та ХБ, порівняно з ІМ та ФВ ($p < 0,05$), як представників природничо-

математичного напрямку, можуть бути пояснені високою активністю тім'яної кори, що забезпечує обробку числової інформації [5].

Вищі показники короткочасної зорової пам'яті на фігури у студенток ФМ, порівняно з усіма групами ($p < 0,05$), відображають більш розвинені механізми просторової обробки інформації, пов'язані з функціонуванням потилично-тім'яних відділів кори [2].

Навчальне навантаження для першокурсниць ФВ виявилося найбільш стресогенним, що проявилось у більшій кількості низьких показників функціонального стану ЦНС – уваги та короткочасної зорової пам'яті. Студентки ХБ характеризувалися високими обсягом та продуктивністю уваги, що відповідає специфічним умінням опрацьовувати велику кількість інформації та утримувати високу продуктивність при роботі з символами. Студентки ФМ мали найкращу здатність до просторового запам'ятовування фігур і цифр, а ІМ – специфічної символьної інформації (склади та слова). Таким чином, отримані результати свідчать про відмінності організації когнітивних функцій у студентів різних факультетів, які визначаються як нейрофізіологічними механізмами, так і характером навчальної діяльності, що буде впливати на формування адаптивних реакцій організму.

Список літератури

1. Datta D., Arnsten A. F.T. Loss of prefrontal cortical higher cognition with uncontrollable stress. *Brain Sciences.* 2019. Vol. 9, № 5. P. 113. DOI: 10.3390/brainsci9050113
2. Salo E, Salmela V, Salmi J, Numminen J, Alho K. Brain activity associated with selective attention, divided attention and distraction. *Brain Res.* 2017. T. 1664. P. 25-36. DOI: 10.1016/j.brainres.2017.03.021.
3. Kamp S.M., Endemann R., Domes G., Mecklinger A. Effects of acute psychosocial stress on the neural correlates of episodic encoding: Item versus associative memory. *Neurobiol Learn Mem.* 2019. Vol. 157. P. 128-138. DOI: 10.1016/j.nlm.2018.12.006.
4. Lin L., Zhang J., Wang P. et al. Perceived control moderates the impact of academic stress on working memory and attention in

college students. *Stress.* 2020. Vol. 23, № 3. P. 256–264. DOI: 10.1080/10253890.2019.1669557.
5. Hawes Z., Sokolowski H.M., Ononye C.B., Ansari D. Neural underpinnings of numerical and spatial cognition: An fMRI meta-analysis of brain regions associated with symbolic number, arithmetic, and mental rotation. *Neurosci Biobehav Rev.* 2019. Vol. 103. P. 316-336. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2019.05.007.

УДК 796.412:611.1

ВПЛИВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ТРЕНІНГУ НА СЕРЦЕВУ-СУДИННУ ДІЯЛЬНІСТЬ ЛЮДИНИ

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

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Тараса Шевченка
E-mail: zaa2006@ukr.net

В епоху сучасних викликів міцне здоров'я є мрією значної частини населення. Для збільшення активної тривалості життя людям похилого віку необхідно постійно та активно дбати про його зміцнення. Сучасне визначення «здоров'я» зі статутом Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) трактується як «стан повного фізичного, психічного і соціального благополуччя, а не лише, відсутність хвороб або порушень структур та функцій організму». Основний акцент робиться на збереженні функцій організму. Регулярна фізична активність – обов'язкова складова здорового способу життя у будь-якому віці. Хвороби серцево-судинної системи посідають перше місце за рівнем смертності, а для спортсменів кардіологічні проблеми є основною причиною раптової смерті. Останнім часом в Інтернеті активно рекламується новий популярний напрям рухової активності – функціональний тренінг (ФТ). У науковій і практичній літературі існує кілька визначень функціонального тренінгу. Пропонуємо власне формулювання: функціональний тренінг – це високо-інтенсивне тренування, спрямоване на розвиток сили, швидкості, витривалості та координації шляхом виконання фізичних вправ по колу або іншим способом із залученням усіх груп м'язів, включаючи глибокі м'язи-стабілізатори. У статті розглядаються

характеристики основних видів функціональних тренувань: 1. вправи з власною вагою (калістеника); 2. CrossFit; 3. TRX-тренування; 4. BOSU-тренування; 5. інтервальне тренування; 6. кругове (колове) тренування [1].

Метою дослідження є порівняння основних видів функціональних тренувань та аналіз їх позитивного впливу на серцево-судинну систему людини. Функціональні тренування походять із практики фізіотерапії та реабілітації, де застосовувалися для швидкого й безпечного усунення або зменшення дисфункцій. Цими принципами тренери керуються і сьогодні. Головна особливість ФТ полягає в тому, що воно засноване на рухах, які імітують повсякденну діяльність людини. Надмірна вага негативно впливає на роботу серцево-судинної системи. Заняття функціональним тренінгом забезпечують розвиток загальної сили, покращують баланс, гнучкість, поставу та зміцнюють м'язи, що використовуються щодня. Оскільки TRX- та BOSU-тренування потребують спеціального обладнання, а інтервальні тренування підходять переважно для досвідчених спортсменів, основна увага у дослідженні зосереджена на калістеніці та круговому тренуванні, які є найбільш доступними та універсальними.

Термін «кардіо» (від грец. *kardia* – серце) характеризує тренування, що впливають на частоту серцевих скорочень. Звичайними для тренування міокарда є ходьба, біг, гребля, велоспорт, плавання. У тренажерному залі застосовують степпер, стрибки на платформу, бокс, скакалку, танці та аеробіку. Частина цих вправ входить також до програм CrossFit та інтервальних тренувань, але головна відмінність полягає у виборі індивідуальної зони потужності тренування. Для організму з малотренованим серцем навантаження повинно бути оптимальним, щоб забезпечити максимально можливий оздоровчий ефект. Ця зона обмежена знизу пороговими показниками, а зверху – максимальними. Наступний компонент тренування – інтенсивність навантаження, яка визначається за частотою серцевих скорочень (ЧСС) і поділяється на три зони: аеробне, змішане, анаеробне. Однією з умов безпеки оздоровчого бігу є швидкість, що не виходить за межі аеробної зони, тобто не

перевищує рівня ПАНО (порогу анаеробного обміну). Ця інтенсивність роботи, при якій кисню вже не вистачає, і організм переходить на анаеробні джерела енергії з утворенням молочної кислоти та кисневого боргу. Оздоровчий біг, як і виконання інших вправ по колу, має бути легким, вільним, ритмічним. Відчуття важкості, яке з'являється при підвищенні швидкості свідчить про перехід із аеробної в змішану зону та сигналізує про небезпечне збільшення темпу. Контроль за диханням є ще одним показником: у межах, 65-70% від VO_2 max (максимального споживання кисню) бігун може спокійно дихати через ніс, вести розмову з партнером або навіть наспівувати. Коли швидкість досягає рівня ПАНО, дихання стає утрудненим, потрібні додаткові вдихи через рот, і розмова стає скрутною.

Отже, тренуватися слід у зоні помірної потужності, що характеризується тривалістю навантаження 20-50 хвилин, VO_2max 40-50%, ЧСС – до 120 уд./хв. Тренування в аеробній зоні потужності стимулюють метаболізм, покращують кровообіг, знижують рівень ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ) або "поганого" холестерину та зміцнюють судини. Це веде переважно до саркоплазматичної гіпертрофії. В саркоплазмі м'язових волокон зростає кількість ферментів аеробного метаболізму, глікогену і ліпідів (на 50%), а також вміст мітохондрій (до 300 %). При цьому типі гіпертрофії спостерігається збільшення капіляризації м'язів (оскільки для їх роботи необхідно багато кисню) та зростання кількості міоглобіну (у 1,5-2 рази). Саме тому ці м'язи називаються «червоними» [2]. Такі зміни підвищують здатність м'язів аеробно окислювати вуглеводи й особливо ліпіди. Енергозабезпечення м'язів (ресинтез АТР) відбувається за рахунок окиснювального фосфорилювання, що підвищує енергетичне постачання клітин і робить їх більш стійкими до зовнішніх впливів (стресових чинників, токсичних речовин тощо) та для економного виконання фізичного навантаження. Регулярні кардіотренування стимулюють використання енергії з жирових запасів, забезпечуючи безпечну втрату ваги. Вони забезпечують комплексний розвиток витривалості, що знижує ймовірність розвитку таких захворювань, як цукровий діабет, окремі види раку та серцево-судинні патології (ризик інфаркту, гіпер-

холестеринемії, артеріальної гіпертензії, інсульту). Під час кардіо дихальна система працює інтенсивніше, кровоносні судини розширюються для доставки більшої кількості кисню до м'язів, а нервова система виділяє ендорфіни (природні «знеболювальні» речовини). Заняття калістеникою також сприяє зміцненню скелетних м'язів (ізометричний тип скорочення) та міокарду. Це безпечний вид тренувань, навіть новачки, виконуючи вправи з власною вагою, не можуть завдати шкоди організму, функціонування якого підпорядковується існуючим фізіологічним законам.

Отже, функціональний тренінг є ефективним засобом зміцнення серцево-судинної системи людини. Він поєднує доступність, універсальність та комплексний вплив на організм. Заняття у зоні аеробної потужності сприяють розвитку витривалості, оптимізації метаболізму, зниженню ризику серцево-судинних захворювань та безпечній втраті ваги.

Список літератури

1. Жиденко А. О., Паперник В. В. Фізіологічні основи функціонального тренінгу. *Фізична культура і спорт: традиції, досвід, інновації:* матеріали IV наук.-практ. конф. з міжнародною участю, м. Запоріжжя, 12 березня, 2026 р. [Електронний ресурс] Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2026. С. 31-37.
2. Жиденко А. О., Паперник В. В., Апецько А. М. Міофібрилярна та саркоплазматична гіпертрофія м'язів, причини та особливості формування. *«Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025»:* матеріали IX міжнародної наук.-практ. конф., присвяч. 85-річчю хіміко-біологічного факультету 1–2 травня 2025 р. Тернопіль: Вектор, 2025. С. 96-99.

УДК 616.155.3:504.75

ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ ЛЕЙКОЦИТАРНОЇ ФОРМУЛИ ЗА ВЛИВУ ПСИХОСОЦІАЛЬНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА

Карнаушенко Д. П.

Сумський державний педагогічний університет
імені А. С. Макаренка
E-mail: dimonkark@ukr.net

Поєднання екологічних викликів сьогодення, військових дій та загострення психо-соціальних та економічних проблем в Україні створює складну ситуацію, яка негативно впливає на фізіологічні показники здоров'я населення, зокрема на гематологічні. Зміни екологічного середовища (короткочасне забруднення повітря, сільська або промислова місцевість) мають значний вплив на параметри гемограми, зокрема на кількість лімфоцитів, лейкоцитів та тромбоцитів, навіть серед здорової групи населення. Загальна площа тимчасово окупованих територій України становить близько 110 тис. км^2 , що відповідає приблизно 18 % від загальної площі країни на початок 2022 року. Враховуючи ці дані, можна припустити, що площа територій, які потенційно можуть зазнати негативного впливу внаслідок бойових дій, перевищує 25 %. Опосередкований вплив супроводжується забрудненням територій небезпечними токсичними речовинами, що негативно впливають на якість ґрунту, води та повітря [3, 4, 5].

Метою дослідження є вивчення показників лейкоцитарної формули та гематологічних індексів як індикаторів впливу психосоціальних та екологічних факторів середовища на здорову групу населення (на прикладі м. Суми).

В дослідженні брали участь волонтери чоловічої статі: I група (контроль) – це практично-здорові люди (до початку повномасштабного вторгнення, 2021 рік); II група – практично-здорові люди (під час повномасштабного вторгнення, 2024 рік) – 40 осіб. На момент дослідження всі волонтери не мали хронічних чи гострих захворювань. Середній вік волонтерів становив 37,1 років. Підрахунок загальної кількості лейкоцитів та визначення лейкоцитарної формули проводили за допомогою автоматичного

гемоаналізатора ErbaELite3. Проводили розрахунки інтегративних гематологічних індексів, що характеризують неспецифічну резистентність організму людини [1, 2]. Робота виконувалась у відповідності до біоетичних норм.

Достовірно більші в порівнянні з контрольною групою були наступні гематологічні показники: лейкоцити на 5,67 %, моноцити – 5,26 %, лімфоцити – 9,54 %, еозинофіли – 25,68 %, базофіли – 240 %; достовірно менші: паличкоядерні нейтрофіли – на 35,47 %, сегментоядерні – на 4,22 %. Достовірне збільшення в гематологічних індексах порівняно з контрольною групою було в ЛІ на 16,33 %, ІСЛМ – на 10,91 %, ІЛГ – на 9,3 %, індексу алергізації – на 12,66 % та індексу Гаркаві – на 11,54 %; достовірне менші порівняно з контролем були: ІЗЛ – на 11,73 %, ІСНЛ – на 12,8 % та ІСНМ – на 10,4 %.

Таким чином отримані нами результати вказують що показники лейкоцитарної формули та інтегративні гематологічні індекси неспецифічної резистентності можна розглядати як один із індикаторів впливу психосоціальних та екологічних факторів середовища на здорову групу населення.

Список літератури

1. Lapovets L. Ye., Lebed H. B., Yastremska O. O., et al.Clinical Laboratory Diagnostics. 2nd ed. Ternopil: Meditsyn. 2021, 472 p. [in Ukrainian].
2. ErbaElite3 Hematological Analyzer. [Internet]. Available at: https://rh.ua/laboratory/gematologicheskij-analizator-erba-elite-3/ (accessed 12.11.2021) [in Ukrainian].
3. Kilinçer M., Gürsoy E. (2025). Assessing the short-term hematological and pulmonary effects of air pollution: a cross-sectional study in a Turkish urban setting. *BMC Public Health*. 25(1):16. https://doi.org/10.1186/s12889-024-21246-6.
4. Muhammad I., Sehrish N., Yasmeen L., Sabeena R., Abdul R., Farooq S. (2019). Effects of Environmental Pollution on Changes in Blood Biochemical Parameters. *Pak-Euro Journal of Medical and Life Sciences.* 1, P. 18-21. https://doi.org/10.31580/pjmls.v1i1.982.
5. Wadaa H. A. (2025). Study of environmental factors affecting hematological health. *European Journal of Modern Medicine and*

Practice. 5(4), 291-295. [Internet]. Available at: https://inovatus.es/index.php/ejmmp/article/view/5588.

УДК 615.8:617.58-089.873

КОМПЛЕКСНА ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ ТРАВМАТИЧНОЇ АМПУТАЦІЇ НИЖНІХ КІНЦІВОК

Бучок М. М., Дерека Т. Г.

Тренчанський університет Олександра Дубчека в Тренчині, Словаччина

E-mail: mariia.buchok@student.tnuni.sk, tetiana.dereka@tnuni.sk

Травматична ампутація нижніх кінцівок є важким ушкодженням, що призводить до втрати мобільності та тривалої реабілітації. Через повномасштабне вторгнення рф в Україну структура причин таких травм змістилася у бік мінно-вибухових та артилерійських поранень. Вони характеризуються високою енергією ураження, дефектами тканин і множинними переломами, через що ампутація часто стає єдиним способом врятувати життя пацієнта. Значну частину постраждалих становлять люди працездатного віку та військові.

У системі відновного лікування ключовою є передпротезна фаза. Її ігнорування призводить до контрактур, атрофії м'язів, хронічного болю та деформацій кукси, що ускладнює подальше протезування. Відтак, метою роботи є науково обґрунтувати роль передпротезної реабілітації у пацієнтів із бойовими ампутаціями нижніх кінцівок, оцінити її вплив на стан кукси, фізичну спроможність та готовність до протезування.

Дослідження проводили на базі лікувально-реабілітаційного закладу. Оцінювали стан чотирьох військовослужбовців на етапі передпротезної підготовки після односторонньої ампутації (у двох – вище коліна, у двох – нижче коліна). Застосовували клінічне спостереження, вимірювання обсягу рухів, оцінку м'язової сили та болю. Індивідуальні програми включали ЛФК, позиціонування кукси, дихальну гімнастику та психоемоційну підтримку.

У всіх пацієнтів зафіксовано зменшення набряку кукси, покращення стану м'яких тканин та зниження болю, що дозволило активніше виконувати вправи. Група з ампутацією нижче коліна

демонструвала швидшу динаміку, відновлення сили та рухливості суглоба завдяки збереженому коліну. Водночас, група з ампутацією вище коліна відновлювалася повільніше через більші функціональні обмеження, проте регулярні вправи допомогли запобігти контрактурам кульшового суглоба та зміцнити м'язи тулуба й рук.

Усі бійці опанували навички самоконтролю і правильного позиціонування кукси. Також рання реабілітація покращила емоційний фон пацієнтів, знизила тривожність і підвищила мотивацію до лікування.

Отже, комплексна передпротезна реабілітація покращує стан тканин кукси, зменшує набряк та біль, розширюючи рухову активність пацієнта. Індивідуальна ЛФК запобігає розвитку стійких контрактур і підтримує тонус м'язів для майбутнього протезування. Рівень ампутації суттєво впливає на швидкість відновлення: збережений колінний суглоб забезпечує швидшу готовність до протезування, тоді як ампутація вище коліна вимагає складнішої роботи з профілактики контрактур. Передпротезний етап є обов'язковим для формування функціональної кукси, покращення психоемоційного стану поранених та їхньої успішної подальшої реінтеграції.

УДК 615.82:616.831-009.24-053.2.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕЙПІВ У РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ПРОГРАМАХ ПРИ ДИТЯЧОМУ ЦЕРЕБРАЛЬНОМУ ПАРАЛІЧІ

[1]Дерека Т. Г., [2]Шейко В. І.

[1]Тренчанський університет Олександра Дубчека в Тренчині, Словаччина

[2]Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

E-mail: interliycin@ukr.net, tetiana.dereka@tnuni.sk

Серед населення світу частка інвалідів постійно збільшується, в тому числі серед дитячого населення. Кількість осіб, які потребують постійних реабілітаційних заходів та соціалізації становить від 25 до 40 %. Проблема дитячої

інвалідності є однією із актуальних, як для медицини так і для соціальної складової сучасного суспільства. Найбільш поширеною формою дитячої інвалідності є дитячій церебральний параліч. Частота розповсюдженості захворювання дитячого церебрального параліча становить від 1,8 до 9 випадків на 1000 дитячого населення [1, 2].

Характерними ознаками церебрального паралічу є висока стомлюваність, знижений рівень інтелектуальної діяльності, низький рівнь адаптації до психічних та фізичних навантажень. Сучасні реалізаційні програми, здійснюються згідно протоколів та доповнюються додатковими складовими або елементами, що є авторською складовою реабілітаційних програм [3, 4].

Метою нашого дослідження стало вивчення впливу тейпів на рухливість основних суглобів кінцівок під час комплексної реабілітації дітей з церебральним паралічем.

У нашому дослідженні взяли участь діти віком 6-12 років з діагнозом ДЦП (46 осіб, 52 % хлопчики та 48 % дівчатка), яких розділили на дві підгрупи: перша проходила курс відновлювального лікування без застосування тейпів, а друга проходила відновлювальне лікування з паралельним використанням тейпів. Контроль склала група практично здорових дітей такого ж віку (21 особа). Тейпи накладали на область плечового суглоба з продовженням до ліктьового суглоба та область гомілки з захопленням областей колінного й гомілкового суглобів. Амплітуду рухів в суглобі вимірюють за допомогою гоніометра.

Порівняння показників амплітуди рухової активності при використанні тейпів було виявлено, достовірне збільшення в порівняні з вихідними даними на 26%, 24 %, 31 % 28 % в плечовому, ліктьовому, колінному та гомілковому суглобах відповідно (в середньому амплітуда рухів в усіх суглобах зросла на $8{,}35^0 \pm 1{,}27$ в порівнянні з вихідними значеннями).

В підгрупі дітей, які отримували курс відновлювального лікування, але без використання тейпів, також було виявлено достовірне зростання амплітуди рухів в плечовому, ліктьовому (зростання не мало достовірної різниці), колінному та гомілковому суглобах на 8 %, 6 %, 11 % 14 % відповідно (в середньому

амплітуда рухів в усіх суглобах зросла на $3{,}65^0 \pm 1{,}04$ в порівнянні з вихідними значеннями).

Отже, використання тейпів у реабілітаційних програмах, супроводжувалось достовірним покращенням показників амплітуди рухів в плечовому, ліктьовому, колінному та гомілковому суглобах, що супроводжується зменшенням негативного впливу контрактур у суглобах та гіпертонусу м'язів.

Список літератури

1. Cerebral Palsy Alliance launches 2023. *Research Report* https://cerebralpalsy.org.au/news-stories/cerebral-palsy-alliance-launches-2023-research-report/
2. Global prevalence of cerebral palsy: A systematic analysis https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9804547/.
3. Jackman M., Sakzewski L., Morgan C., et al. Interventions to improve physical function for children and young people with cerebral palsy: international clinical practice guideline. *Dev Med Child Neurol.* 2022. May;64(5):536-549.
4. Tanochni M., Sibi D. J., Kumar P. G., et al. Predictors of Risk for Cerebral Palsy: A Review. *Pediatr Phys. Ther*. 2023 1;35(3):347-357 DOI: 10.1097/PEP.0000000000001020

УДК 616.831.4-092

PATHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF SPINOCEREBELLAR ATAXIA TYPE 1

Dereka T. H.

Alexander Dubček University of Trenčín, Slovak Republic
E-mail: tetiana.dereka@tnuni.sk

Hereditary ataxias are one of the most complex sections of clinical neurology, neurogenetics, and have attracted the close attention of neurologists for more than a century and a half. Epidemiological indicators indicate that ataxias are the most common group of hereditary diseases of the nervous system, second in frequency only to hereditary diseases of the neuromuscular system. Spinocerebellar ataxia type 1 (SCA1) is a rare autosomal dominant disorder characterized by damage to the cortex, pathways, cerebellar nuclei and brainstem, and other parts of the brain. The disease is caused by the expansion of

tandem trinucleotide CAG repeats and is associated with a mutation in the SCA1 gene, which is located on the arm of the 6th pair of chromosomes, encoding the synthesis of the abnormal protein ataxin 1 [1, 2].

Aim: The aim of our study is to examine, analyze and summarize data concerning scientific developments at the level of gene and cell therapy of hereditary ataxias.

Methods: The methodological basis was: analysis and synthesis of current medical literature; systematization and generalization of practical experience data on issues of symptomatic therapy and physical rehabilitation of patients with SCA1.

Results: At the present stage, scientists are actively conducting scientific research at the level of gene and cell therapy of hereditary ataxias. At this stage, symptomatic therapy is indicated for patients with spinocerebellar ataxia type-1. Special complexes of "cerebellar" and "sensory" exercises, as well as procedures with biological feedback and stabilography are recommended. One of the methods aimed at reducing the spread of ataxias of various types is screening tests. In the future, genetic methods for correcting ataxic manifestations may appear in service.

Conclusion: Currently, the only way to slow the progression of symptoms and maintain the patient's functional status remains physical therapy programs and symptomatic support.

References

1. Bhandari J., Thada P. K. Spinocerebellar Ataxia. StatPearls Publ. 2024. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557816/
2. Kerkhof L. M., Van de Warrenburg B. C., Van Roon-Mom W. C., Buijsen R. A. M. (2023). Therapeutic strategies for Spinocerebellar Ataxia Type 1. *Biomolecules.* No 13(5), 788. https://doi.org/10.3390/biom13050788.

УДК 615.8:616.831-005.1

COMPLEX PHYSICAL REHABILITATION IN POST-STROKE PATIENTS

Sknypa D., Dereka T.

Alexander Dubček University of Trenčín, Trenčín, Slovakia.
E-mail: dmytro.sknypa@student.tnuni.sk

Stroke remains a leading cause of long-term disability worldwide, presenting significant medical, social, and economic challenges. Despite advances in acute stroke management, many survivors experience persistent functional impairments that severely limit independence in activities of daily living (ADL) and reduce overall quality of life. Common consequences include motor deficits, impaired balance, muscle weakness, and reduced endurance. Consequently, restoring functional independence is a primary objective of post-stroke neurorehabilitation.

Modern rehabilitation prioritizes functional outcomes over isolated improvements in muscle strength or joint mobility. Functional recovery focuses on a patient's ability to safely and independently perform meaningful daily tasks, supporting long-term social reintegration.

Post-stroke rehabilitation is a dynamic, individualized process. Neurological deficits are often compounded by secondary complications, such as impaired postural control and fear of movement, which negatively affect patient motivation and adherence to therapy. Evidence-based physiotherapy, focusing on task-oriented training, motor relearning, and neuroplasticity, plays a central role in addressing these complex impairments. Clinical case studies provide valuable insights into the practical implementation of these principles, fostering clinical reasoning and facilitating the translation of theory into everyday practice.

The aim of this work was to analyze the effects of complex physiotherapy on functional independence in patients after stroke through a series of four clinical case studies.

The study was conducted in an inpatient neurological rehabilitation department and included four post-stroke patients differing in age, sex, stroke type, and neurological severity. Each

patient participated in an individualized complex physiotherapy program tailored to their initial functional status and rehabilitation goals.

Therapy design focused on restoring mobility, safety, and independence in ADLs rather than isolated motor parameters. Interventions were based on motor learning and neuroplasticity principles, including facilitation of physiological movement patterns, postural control training, balance and coordination exercises, gait training, and functional task-oriented therapy (e.g., transfers and self-care activities).

Therapeutic complexity and intensity were gradually adjusted based on continuous functional assessment, patient tolerance, and safety to promote optimal motor learning without excessive fatigue. Interdisciplinary collaboration with medical and nursing staff supported therapy planning. Functional outcomes were quantitatively evaluated at the beginning and end of the rehabilitation period using the Functional Independence Measure (FIM). This was supplemented by qualitative clinical observations of motor performance, postural stability, and gait quality.

All four patients demonstrated increased functional independence following the physiotherapy intervention, as evidenced by improved FIM scores. The most pronounced advancements occurred in motor domains, specifically in self-care, locomotion, and transitional movements (e.g., sit-to-stand and bed-to-chair transfers).

Qualitative clinical observations corroborated the quantitative FIM findings. Patients exhibited greater movement efficiency, increased confidence, enhanced safety awareness, and improved adaptability to daily challenges. Gait patterns became more stable and coordinated. These functional gains reflect meaningful improvements in motor control and balance strategies rather than isolated strength increases. While the degree of recovery varied based on initial neurological severity, all cases demonstrated positive functional trends.

This case series confirms that complex, individualized physiotherapy based on continuous assessment and task-oriented training significantly improves functional independence and motor performance in post-stroke patients. The Functional Independence Measure (FIM) proved to be a practical and informative tool for

monitoring and documenting clinical progress. Although the small sample size limits statistical generalization, detailed analysis of individual trajectories provides valuable insights into real-world physiotherapy practice, underscoring the importance of comprehensive, patient-specific care in everyday clinical settings.

УДК 612.017:159.944.4

IMMUNOREGULATORY INDEX CD4+/CD8+ IN PERSONS AGE 18-20 UNDER MARTIAL LAW

Sokolenko V. L., Sokolenko S. V.

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy
E-mail: sokolenko@ukr.net

The immunoregulatory index CD4+/CD8+ is an important indicator of the integrative activity of the immune system. A change in this ratio in favor of cells with the CD8+ phenotype is considered one of the characteristics of the immune risk phenotype (IMP), as a manifestation of immune aging of the body [1]. We observed such an effect in students who came to study from territories contaminated with radionuclides as a result of the Chornobyl accident, especially during the period of increased emotional stress caused by the examination session [2]. At this time, students, like the rest of the population of Ukraine, are experiencing chronic stress due to a full-scale war and martial law factors.

We analyzed the indicators of peripheral blood T-lymphocytes with CD4+ and CD8+ phenotypes in 2nd-3rd year students in 2024 and 2025. Peripheral blood was collected by professional doctors at the Cherkasy Central District Hospital. The subjects gave their consent to participate in the research and to publish the results. The relative number of lymphocytes was determined on the basis of a blood smear stained according to Pappenheim. Immunophenotyping was performed using erythrocyte diagnostic agents to identify lymphocyte subpopulations (GRANUM, Ukraine).

It was found that in individuals aged 18-20 years, who studied in various specialties of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, there were cases of the relative number of lymphocytes exceeding both the upper and lower limits of reference values. At the

same time, in almost all subjects, the immunoregulatory index CD4+/CD8+ was shifted to the lower limit of the norm. A decrease in the relative number of lymphocytes and the immunoregulatory index is a typical sign of chronic stress [3, 4]. Given the absence of direct hostilities, this stress may be due to emotional factors of martial law in Ukraine. It is advisable to consider individual cases of an increase in the relative number of lymphocytes as a sign of chronicity and development of distress. Considering the parallel decrease in the immunoregulatory index CD4+/CD8+ in such individuals, there are reasons to consider the identified features as signs of a violation of the adaptive capabilities of the integrative immune response.

References

1. Ventura M. T., Casciaro M., Gangemi S., Buquicchio R. Immunosenescence in aging: between immune cells depletion and cytokines up-regulation. *Clinical and Molecular Allergy*. 2017. V. 15(1). P. 21. https://doi.org/10.1186/s12948-017-0077-0
2. Sokolenko V. L., Sokolenko S. V. Manifestations of allostatic load in residents of radiation contaminated areas aged 18–24 years. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. V.10(4). P. 422-431. https://doi.org/10.15421/021963
3. Cohen S, Janicki-Deverts D, Miller GE. Psychological Stress and Disease. *JAMA*. 2007. V.298(14). P. 1685-1687. https://doi.org/10.1001/jama.298.14.1685
4. Wright B. J., Eddy P. J., Kent S. Work stress, immune, and inflammatory markers. In: *Handbook of Socioeconomic Determinants of Occupational Health: From Macro-level to Micro-level Evidence*. Cham: Springer International Publishing, 2022. P. 657-675. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31438-5_28

РОЗДІЛ 4. БІОХІМІЯ ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

УДК 502/504:57(477.84) 577.47: 504.054

THE EFFECT OF ZINC AND RARE EARTH ELEMENTS ON METALLOTHIONEIN IN BIVALVE MOLLUSC *IN VITRO*

Nemerko M., Yunko K., Stoliar O.

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
E-mail: mnemerko@gmail.com

Rare earth elements (REE) are attracting increasing attention as emerging environmental pollutants, especially in aquatic ecosystems, due to their rapid use in various industrial sectors. Studies show that REEs have harmful effects on aquatic organisms [1, 4].

Metallothioneins (MT) are low-molecular weight proteins (6–8 kDa), rich in cysteine residues (~30%), which have a high capacity to bind certain physiological metals (Zn^{2+} and Cu^{+}) and toxic metals (Cd^{2+} and Hg^{2+}), forming metal-thiolate clusters and thereby regulating their homeostasis [3]. Although there are some doubts regarding the ability of REEs to interact with MT via the sulphur of cysteines or to displace physiological metals such as Zn^{2+} and Cu^{+} from MT, their ability to interact with other amino acid residues of the protein, including carboxyl groups, should not be ruled out [2].

The aim of this study was to investigate the effect of zinc (Zn), gadolinium (Gd) and yttrium (Y) on partially metalated MT (pMT) *in vitro* by determining their spectral parameters, as well as to assess the stability of the clusters upon the addition of H_2O_2 at two concentrations (0.5 mM and 5 mM). MT were isolated from the digestive gland of the bivalve mollusc *Unio tumidus* using gel permeation chromatography of a thermostable protein fraction. To obtain apo-MT, the isolated MT-containing fraction was repeatedly eluted on a Sepadex G-50 column using 0.05 M HCl solution, resulting in the isolation of pMT, indicating its stability to HCl. The collected protein was used to reconstruct MT by incubation with freshly prepared 0.6% solutions of Zn, Gd and Y.

After 1 hour of incubation of Zn, Gd and Y with pMT, the spectral intensity at 220 nm and 255 nm decreased in all groups. During the 24 hour incubation, the spectra for all groups were practically identical; however, during this time, Zn significantly altered its spectral

absorption in the 220–230 nm range, which is characteristic of it [2]. No such significant changes were observed for Gd and Y. Following the addition of 0.5 mM H_2O_2 over a period of 1 hour, an increase in spectral absorption at 220 nm and 255 nm was observed in the Zn group. In the Gd group, an increase in spectral absorption at 255 nm and slight fluctuations at 220 nm were also observed. Y, in turn, was characterised by a decrease in absorption at 255 nm. The addition of 5 mM H_2O_2 over a period of 1 hour to the Zn and Gd groups led to an increase in spectral absorption at 255 nm, whereas Y exhibited a significant decrease in absorbance in these regions, indicating Y ability to influence the stability of MT clusters.

Overall, the REEs demonstrated varying effects on the structures of pMT clusters *in vitro*, which may indicate their ability to influence the stability of these complexes. However, whether they can bind directly to MT remains unknown and requires further investigation.

The work was supported by a bilateral Ukraine-Lithuania scientificproject of the 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., et al. 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. Krężel A., Maret W. The Bioinorganic Chemistry of Mammalian Metallothioneins. *Chemical Reviews.* 2021. Vol. 121. P. 14594-14648. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00371
3. Ragusa M. A., Nicosia A., Costa S., Cuttitta A., Gianguzza F. Metallothionein Gene Family in the Sea Urchin Paracentrotus lividus: Gene Structure, Differential Expression and Phylogenetic Analysis. *Inter. Journal of Molecular Sciences.* 2017. Vol. 18. P. 812. https://doi.org/10.3390/ijms18040812
4. Khoma V., Yunko K., Martyniuk V., Zarian M., Havryshkiv V. Indication of the biochemical targets of rare earth elements in bivalve mollusc under multiple exposure. *Biotechnologia Acta*. 2025. Vol. 18, No. 2. P. 45-47. https://doi.org/10.15407/biotech18.02.045

УДК 502/504:57(477.84) 577.47: 504.054

COMPARATIVE STUDY OF THE REDOX HOMEOSTASIS IN FRESHWATER AND MARINE BIVALVE MOLLUSCS UNDER THE EFFECT OF NOVEL MICROPOLLUTANTS

Yunko K[1]., Khoma V[4]., Martyniuk V[5]., Gnatyshyna L[4]., Nemerko M[1]., Slobodianiuk A[1]., Havryshkiv V[1]., Karitonas R[3]., Gylytė B[3]., Manusadžianas L[3]., Impellitteri F[2]., Multisanti C. R[2]., Faggio C[2]., Stoliar O[1].

[1] Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine;
[2] University of Messina, Messina, Italy;
[3] Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania;
[4] Ternopil Scientific Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine;
[5] Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine
E-mail: yunkokateryna@tnpu.edu.ua

The global escalation of synthetic polymer production and the influx of pharmaceuticals into the environment have imposed unprecedented toxicological pressure on aquatic ecosystems. Among emerging pollutants, psychoactive substances are of particular concern [2]. Caffeine (Caff), the world's most widely used psychostimulant, has become a universal marker of anthropogenic pollution, while chlorpromazine (Cpz), a basic neuroleptic, consistently enters the hydrosphere via municipal and hospital effluents. Since these drugs interact with evolutionarily conserved molecular targets, they can induce significant metabolic disorders in non-target organisms even at environmentally relevant concentrations [4]. This situation is critically complicated by the presence of microplastics (MPs). Due to their high specific surface area and hydrophobicity, MPs act not only as independent stressors but also as potent sorbents and vectors for other contaminants [1]. Consequently, aquatic organisms are exposed to complex multi-component mixtures, inducing non-linear biochemical reactions that cannot be predicted by classical monotonic toxicological tests.

The aim of this study was to elucidate species-specific biochemical responses in freshwater and marine bivalves subjected to

subchronic exposure to psychoactive pharmaceuticals and microplastics under individual and combined effect. The sedentary and filter-feeding nature of bivalves makes them effective bioindicators. To test the hypothesis that MPs modulate the toxicity of these substances in a non-additive manner, we compared two species: the freshwater *Unio tumidus* and the marine *Mytilus galloprovincialis*. Ecotoxicological effects were assessed after a 14-day laboratory exposure in three series. The present study investigates the individual effects of MPs (1 mg·L^{-1}, size 35-50 μm), Caff (20 μg·L^{-1}), Cpz (12 ng·L^{-1}) and their combination (Mix) on *U. tumidus*. Furthermore, the antioxidant and detoxification responses of *M. galloprovincialis* to MPs (1 mg·L^{-1}), Caff (20 μg·L^{-1}), and their mixture are examined. Finally, the concentration-dependent effects of Cpz (12 ng·L^{-1} and 12 μg·L^{-1}) on *M. galloprovincialis* are investigated. Digestive gland was utilized for the analyses. The applied spectrophotometric and chromatographic methods are described thoroughly in our previous work [3].

The study highlights that the antioxidant system of *U. tumidus* is more vulnerable than that of *M. galloprovincialis*. In *U. tumidus*, individual stressors increased lipid and protein oxidation markers by ∼1,4 times, whereas *M. galloprovincialis* maintained redox balance under MP and Caff exposure. Cpz proved to be the strongest pro-oxidant for both species, specifically inhibiting CAT (∼1,2 times in *U. tumidus*; up to 2,2 times in *M. galloprovincialis*). Low concentrations of Cpz caused a common response: SOD activation. In *U. tumidus*, the cytosolic Cu,Zn-SOD isoform was activated, while in *M. galloprovincialis*, total SOD increased. Other responses were species-specific. Mn-SOD was activated in *U. tumidus* by MP and Caff, but MP inhibited this enzyme in *M. galloprovincialis*. Finally, combined exposures partially smoothed these effects and neutralized oxidative stress markers in both species.

Low-molecular-weight thiols involved in zinc metabolism were highly sensitive; both species increased MT concentrations, but utilized opposite strategies: *U. tumidus* exhibited MT demetallation, whereas *M. galloprovincialis* showed increased metal-saturated forms. In *U. tumidus*, GSH-level rose in all groups, but the GSH/GSSG ratio decreased under Caff and increased under Cpz and Mix. The integrated Antioxidant-Prooxidant Balance (APB) confirmed that Caff induced

the strongest pro-oxidative shift in *U. tumidus*, whereas the Mix showed the highest compensatory potential. Conversely, in *M. galloprovincialis*, Caff caused systemic imbalance, while the Mix led to a critical antioxidant deficit and adaptive exhaustion. Cpz imposed a dominant pro-oxidant effect in both species. In *U. tumidus*, a non-specific reduction in the Zn/Cu ratio was accompanied by depleted NAD^+ and NADH pools, with the NADH/NAD^+ balance increasing up to ~1.6 times under Cpz and Mix.

The biotransformation system was significantly more effective in *M. galloprovincialis*, which showed simultaneous induction of EROD (Phase I) and GST (Phase II) under Cpz effect. In contrast, *U. tumidus* showed EROD induction only by Caff, while other stressors suppressed biotransformation enzymes. Lysosomal membrane damage was a universal marker of cytotoxicity. Apoptotic responses were species-specific: individual exposure to Cpz inhibited caspase-3 in *U. tumidus*, while Caff caused inhibition in *M. galloprovincialis*. However, combined exposure triggered the most pronounced Cas-3 activation in both species. In *M. galloprovincialis*, Cas-3 activity rose significantly under higher exposure of Cpz, indicating a concentration-dependent initiation of programmed cell death due to excessive xenobiotic accumulation. Finally, discriminant analysis confirmed that microplastics in multi-component mixtures induce a non-additive (antagonistic) response, leading to a reductive shift, inhibited biotransformation, and activated apoptosis.

Conclusion. The study identifies the freshwater mussel *U. tumidus* as a more sensitive bioindicator of pharmaceutical and microplastic pollution than the marine *M. galloprovincialis.* Exposure to these contaminants, particularly chlorpromazine at pM concentrations, triggers oxidative stress and metabolic depression. While combined exposures result in unpredictable non-additive multi-stress effects. Consequently, the Zn/Cu ratio and lysosomal destabilization are recommended as effective biomarkers for monitoring environmental health disturbances in aquatic ecosystems.

Acknowledges. This study was performed as part of Erasmus+ International Credit Mobility scholarship in University of Messina, Italy in the academic year 2025/2026 bilateral Ukraine-Lithuania project of the Ministry of Education and Science of Ukraine (M/48-

2024-2025) and Project No S-LU-24-13 under the Lithuania-Ukraine Cooperation Program.

References

1. Amelia T., Khalik W., Ong M., Shao Y., Pan H., Bhubalan K. Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Prog. Earth Planet Sci.* 2021. Vol. 8. P. 1–26. https://doi.org/10.1186/s40645-020-00405-4
2. Escudero J., Muñoz J. L., Morera-Herreras T., Hernandez R., Medrano J., Domingo-Echaburu S., Barceló D., Orive G., Lertxundi U. Antipsychotics as environmental pollutants: An underrated threat? *Sci Total Environ.* 2021. Vol. 769. P. 144634. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144634
3. 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
4. Moreira D. G., Aires A., de Lourdes Pereira M., Oliveira M. Levels and effects of antidepressant drugs to aquatic organisms. *Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & pharmacology : CBP.* 2022. Vol. 256. P. 109322. https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2022.109322

УДК 597.551.2:632.95

МУЛЬТИСИСТЕМНІ МЕТАБОЛІЧНІ ПОРУШЕННЯ У *DANIO RERIO* ЗА ВПЛИВУ МЕТАЛІВ МІЛІТАРНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Горин О. І., Гладчук М. М., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

E-mail: horynoi@tnpu.edu.ua

Повномасштабна війна в Україні спричинила безпрецедентне зростання техногенного навантаження на природні екосистеми, суттєво загострivши екологічні ризики, пов’язані з масовим забрудненням водних екосистем продуктами

військової діяльності [1]. Особливу небезпеку становить потрапляння мілітарних токсикантів у водойми, що створює загрозу для їх функціонування і біологічної безпеки регіонів загалом, та потребує науково обґрунтованих підходів до оцінювання їхнього впливу на водні організми. Вважаємо, що одними з найбільших загроз є важкі метали, які завдяки високій токсичності, здатності до біоакумуляції та персистентності, представляють винятковий інтерес для довготривалого моніторингу та оцінки ризиків для екосистем.

Гідробіонти, як ключові компоненти водних екосистем, є чутливими індикаторами екологічного стану середовища. Зміни їхнього фізіологічного та біохімічного статусу, насамперед порушення метаболічних процесів, відображають ранні стадії токсичного впливу й можуть слугувати основою для прогнозування подальших екологічних змін [2]. У цьому контексті особливого значення набуває виявлення так званих «критичних точок» – межових станів функціонування організму, за яких компенсаторні механізми переходять у фазу дезадаптації, що зумовлює розвиток патологічних змін або загибель особин.

Виходячи з вищесказаного, було проведено модельний експеримент з використанням Danio rerio як тест-організму для оцінки токсичного впливу металевого забруднення, характерного для зон воєнних дій. Вибір металів Cu, Zn, Pb та Cd здійснювали на основі комплексного розробленого підходу, який враховував їх токсичність, здатність до біоакумуляції, поширеність у зонах військової діяльності. Риби експонувалися 2 та 4 тижні у розчинах солей зазначених металів у концентраціях, зафіксованих у моніторингових звітах поверхневих вод України (досліджувані групи CuL, ZnL, PbL, CdL та їх суміш MixL)[3, 4], а також у концентраціях, збільшених утричі для моделювання сценаріїв пікового забруднення (досліджувані групи CuH, ZnH, PbH, CdH та їх суміш MixH). Оцінювали біохімічні, фізіологічні та нейроповедінкові показники, зокрема маркери оксидативного стресу, апоптозу, енергетичного обміну та ендокринних порушень.

Комплексний аналіз отриманих експериментальних даних та наукових досліджень дозволяє стверджувати, що метали Cu, Zn,

Pb та Cd у діапазоні 0,005–0,1 мг/дм^3 ініціюють каскад мультисистемних порушень у *D. rerio*.

Основними проявами токсичного впливу є:

1. оксидативний стрес як універсальний механізм, що пошкоджує мембрани (зростання рівня перокисного окиснення ліпідів), протеїни (збільшення вмісту окисних модифікацій ротеїнів у групах ZnL, PbH, CdH, MixH) та ДНК (мікроядра, розриви ниток ДНК) [5].

2. апоптотична дегенерація тканин через активацію мітохондріальних змін та лізосомального виходу катепсинів. За умов оксидативного стресу, викликаного металами, відбувається дестабілізація мембран лізосом (CuL, PbH, CdH, MixH), і катепсини вивільняються в цитозоль (CuH, PbH, CdL, MixH). Це вивільнення може виступати як тригер для активації каспаз, формуючи додатковий шлях індукції апоптозу, незалежний від класичних мітохондріальних сигналів. У діапазоні 0,05–0,1 мг/дм^3 зазначені метали здатні порушувати природний баланс катепсинів, що негативно впливає на трофіку ембріонів та призводить до затримки їх вилуплення [6].

3. нейроповедінковий дефіцит – в усіх досіджуваних групах на 2 або 4 тиждень зменшувалася інгібувалася робота ацетилхолінестерази, що призводить до її накопичення в синапсах та надмірної стимуляції рецепторів. Довгостроковим наслідком в таких випадках може бути порушення локомоторної активності, втрата орієнтації, пригнічення реакцій втечі від хижака [7].

4. енергетичне виснаження – виникає внаслідок перерозподілу метаболічних ресурсів на детоксикацію та порушення іонного обміну.

5. ендокринна дизрупція – має довгострокові та трансгенераційні наслідки для репродуктивного потенціалу та розвитку тиреоїдної системи. Зокрема самців даніо на 2-й тиждень експерименту у групах CdL, MixH та на 4-й тиждень у групах ZnL, ZnH, CdL зростав вміст вітелогеніну. Що підвищує ризик зниження фертильності, затримки розвитку гонад та аномалій розвитку потомства [5].

Розглянуті зміни та проаналізовані дані свідчать про те, що навіть за відсутності прямої летальності, забруднення водойм

мікроконцентраціями металів загрожує довгостроковій стабільності популяцій риб та вимагає впровадження більш жорстких біомаркерних систем моніторингу якості водного середовища.

Список літератури

1. 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 (дата звернення: 05.05.2026).
2. Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів. Якісний стан водних об'єктів суббасейну Сіверського Дінця у січні 2025 року. 2025. URL: https://sdbuvr.gov.ua/news/yakisnyy-stan-vodnykh-obyektiv-subbaseynu-siverskoho-dintsya-u-sichni-2025-roku (дата звернення: 05.05.2026).
3. Hryhorczuk D., Levy B. S., Prodanchuk M., Kravchuk O., Bubalo N. et al. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology.* 2024. Vol. 19, No. 1. Art. 1. DOI: 10.1186/s12995-023-00398-y.
4. Kadim M. K., Risjani Y. Biomarker for monitoring heavy metal pollution in aquatic environment: An overview toward molecular perspectives. *Emerging Contaminants.* 2022. Vol. 8. P. 195–205. DOI: 10.1016/j.emcon.2022.002003.
5. Kwok M. L., Chan K. M. Oxidative stress and apoptotic effects of copper and cadmium in the zebrafish liver cell line ZFL. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2020. Vol. 80. Art. 103451. DOI: 10.1016/j.etap.2020.103451.
6. Liu M., Deng P., Li G., et al. Neurotoxicity of combined exposure to the heavy metals (Pb and As) in zebrafish (*Danio rerio*). *Toxics.* 2024. Vol. 12, No. 4. Art. 282. DOI: 10.3390/toxics120402820
7. Majid S., Smeets K., Vergauwen L., Pilehvar A., Knapen D., Blust R. Insight into the combined toxicity of copper and cadmium in zebrafish (*Danio rerio*) embryos and adults. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2025. Vol. 299. Art. 118368. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2025.118368.

УДК 581.1:581.526:546.56

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ МІКРОГРІНУ *HELIANTHUS ANNUUS L.*, *RAPHANUS SATIVUS L.* І *PISUM SATIVUM L.* НА ДІЮ $CuSO_4$

[1]Білак А. В., [1,2]Вакерич М. М., [1]Гасинець Я. С., [1]Глюдзик-Шемота М. Ю., [1]Вакерич Д. М., [1]Булина Р. В.

[1]ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
[2]Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
E-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

Мікрогрін є інтенсивно зростаючим сегментом сучасного рослинництва та функціонального харчування, що пов'язано з високою концентрацією біологічно активних речовин у молодих рослинах. Водночас саме ця рання фаза розвитку характеризується підвищеною чутливістю до абіотичних чинників, зокрема до наявності важких металів у субстраті або поживному середовищі. Мідь (Cu) є есенціальним мікроелементом, який входить до складу численних ферментів і бере участь у процесах фотосинтезу, дихання та антиоксидантного захисту. Однак навіть незначне перевищення оптимальних концентрацій призводить до розвитку токсичних ефектів, що проявляються у порушенні ростових процесів, індукції оксидативного стресу та зміні метаболічної активності клітин. У контексті вирощування мікрогріну це має особливе значення, оскільки короткий цикл вирощування не дозволяє рослинам адаптуватися до стресу, а накопичення металів безпосередньо впливає на якість і безпечність продукції. Незважаючи на обмежену кількість досліджень, безпосередньо присвячених мікрогріну, численні експерименти на проростках і молодих рослинах дозволяють сформувати узагальнене уявлення про вплив сульфату міді ($CuSO_4$). Загальною закономірністю є дозозалежний ефект: дуже низькі концентрації можуть мати нейтральний або слабко стимулюючий вплив, тоді як підвищені концентрації швидко переходять у зону токсичності [4, 5].

Для соняшника (*Helianthus annuus* L.) показано, що концентрації $CuSO_4$ на рівні близько 0,00015% сприяють стимуляції росту кореневої системи, тоді як підвищення

концентрації до приблизно 0,015% призводить до різкого пригнічення росту пагонів. При цьому встановлено, що накопичення міді відбувається переважно в коренях, що свідчить про бар'єрну функцію кореневої системи щодо надходження металу до надземних органів [5]. Таким чином, для соняшника межа між стимулюючим і токсичним ефектом є вузькою, а концентрації вище ~0,01% вже мають виражений негативний вплив.

У редису (*Raphanus sativus* L.) чутливість до Cu^{2+} є значно вищою. Встановлено, що навіть концентрації на рівні приблизно 0,001–0,0015% $CuSO_4$ уже призводять до зниження схожості насіння, довжини кореня та пагона, а також до зменшення свіжої маси проростків. Подальше підвищення концентрації до ~0,015% є летальним для рослин. Дослідження також демонструють, що токсичний ефект супроводжується розвитком оксидативного стресу, зокрема накопиченням активних форм кисню та порушенням клітинного поділу і диференціації тканин [4]. Це свідчить про те, що редис може розглядатися як індикаторна культура для оцінки токсичності міді в системах вирощування мікрогріну.

Для гороху (*Pisum sativum* L.) характерною є проміжна чутливість до $CuSO_4$. Концентрації близько 0,0003% не викликають істотних змін у рості рослин, тоді як підвищення до приблизно 0,0015% призводить до пригнічення розвитку як кореневої, так і надземної частини. Одночасно спостерігається активація ферментів антиоксидантного захисту та стресових реакцій, зокрема пероксидаз та ІАА-оксидази [2]. Додатково показано, що застосування антиоксидантів, таких як аскорбінова кислота, може частково знижувати негативний вплив міді, що підтверджує ключову роль оксидативного стресу у механізмах токсичності [1].

Узагальнення наявних даних дозволяє стверджувати, що для ранніх стадій розвитку рослин, які відповідають фазі мікрогріну, безпечні концентрації $CuSO_4$ знаходяться в межах приблизно 0,0001–0,001%, тоді як концентрації на рівні ~0,001–0,01% і вище вже викликають токсичні ефекти різного ступеня вираженості залежно від виду рослин. Особливої уваги потребує редис, для

якого навіть мінімальні концентрації можуть бути критичними.

Отже, у технологіях вирощування мікрогріну $CuSO_4$ слід розглядати насамперед як потенційний токсикант, а не як стимулятор росту. Його використання потребує чіткої регламентації та попереднього експериментального підбору концентрацій для кожної культури окремо. Перспективними напрямами подальших досліджень є визначення гранично допустимих концентрацій для різних видів мікрогріну, оцінка накопичення міді у їстівній частині рослин та розробка підходів до зниження токсичного ефекту, зокрема шляхом застосування антиоксидантів або модифікації умов вирощування.

Список літератури

1. Abbas T., Tasadaq M., Ahmad W., Younas H., Tariq M., Irfan M., Altaf K. (2024). Effect of ascorbic acid in mitigating copper stress in pea (*Pisum sativum* L.). *Biological and Clinical Sciences Research Journal*. https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2024i1.1444
2. Chaoui A., Ferjani E. (2004). Effects of cadmium and copper on antioxidant capacities, lignification and auxin degradation in leaves of pea (*Pisum sativum* L.) seedlings. *Comptes Rendus Biologies*. 328 1, 23-31. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2004.10.001
3. Chaoui A., Jarrar B., Ferjani E. (2004). Effects of cadmium and copper on peroxidase, NADH oxidase and IAA oxidase activities in cell wall, soluble and microsomal membrane fractions of pea roots. *Journal of Plant Physiology*, 161 11, 1225-34. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.02.002
4. Chitra K. (2017). Effects of Copper on germination and seedling growth of radish (*Raphanus sativus* L.). *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology,* 11, 01-02. https://doi.org/10.9790/2402-1104010102
5. Lin J., Jiang W., Liu D. (2002). Accumulation of copper by roots, hypocotyls, cotyledons and leaves of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Bioresource Technology*, 86 2, 151-5. https://doi.org/10.1016/s0960-8524(02)00152-9

УДК 577.576.546.48.085:599

USING OF ALUMINOSILICATES FOR REDUCE THE TOXIC EFFECTS OF XENOBIOTICS IN ORGANISM OF ANIMALS

[1]Kalinin I. V., [2]Hrubinko V. V., [1]Karpovskyi V. I.

[1]National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
[2]Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
E-mail: kalininihor@gmail.com

The effect of xenobiotics (heavy metals) on a living organism is a powerful stress factor that exists in the environment. The increasing level of anthropogenic environmental pollution and effective means to reduce the negative impact of xenobiotics on animal and human health is an urgent problem today. A large number of various xenobiotics, including heavy metals, that enter the environment require research to establish their impact on the biota and find ways and means to reduce the negative impact on animal and human health. Sorbents should be safe and effective, which would make it possible for regular prophylactic use.

Smectite aluminosilicates have adsorption properties. From the point of view of biological action, smectites have high specific activity against intestinal viruses of various taxonomic groups, bacteria, and also selectively bind heavy metal ions and other xenobiotics from the aquatic environment and biological fluids. Their widespread use as a feed additive is known. Trioctahedral smectites of the Tashkivsky deposit, which in the Khmelnytsky region contain a unique natural raw material – trioctahedral smectite - saponite. Saponites are "ecologically clean" clays that contain biologically active trace elements as isomorphic impurities. Saponite has a high cation capacity and a large adsorption potential due to the presence in its composition of a montmorillonite complex, which is half represented by the magnesium variety of the iron-containing mineral nontronite, and other compounds.

The aim of our work was to analyze the possibility of obtaining preparations based on natural smectites, in particular saponites as adsorbents for xenobiotics.

Saponites were subjected to preliminary preparation, and then the content of individual chemical elements, mineral composition, as well as adsorption indicators and cation exchange capacity were analytically

determined. Numerous studies have determined the chemical, trace element composition and exchange capacity of cations of smectites - saponites. The high iron content in the studied smectites opens up prospects for their use as magnetically controlled nanosorbents to solve specific tasks in detoxification of the organism. In the intestines, saponites actively adsorb pathogens of intestinal infections, bind metabolic products, saponites are able to selectively remove xenobiotics from the organism.

Thus, the use of saponites allows their "ecological purity" and rich mineral composition. After acid activation, such saponites have a fairly high content of surface acid centers, which determines their cationic activity. In general, this gives saponites from the smectite group versatility and opens up broad prospects for their use in veterinary and human medicine - as a substance for the manufacture of efferent drugs, as a mineral additive to animal feed, in crop production to increase soil fertility, and also for environmental protection - the development of technologies for the purification and disinfection of water of various degrees of pollution.

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of Ukraine (state registration number 0124U001716).

УДК 597.551.21/.554.3:591.133.15]:591.044:546.73

СКЛАД ЖИРНИХ КИСЛОТ М'ЯЗІВ КАРАСЯ ТА ЩУКИ ЗА ДІЇ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ

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

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

Забруднення прісноводних екосистем важкими металами є однією з найгостріших проблем сучасності. Пов'язані з цим екологічні ризики масштабуються внаслідок властивої важким металам здатності до біоакумуляції та біомагніфікації у водних трофічних ланцюгах, що призводить до зниження якості рибної продукції [1].

Кобальт відіграє роль життєво важливого біологічного

мікроелементу, проте збільшення рівня цього металу у водному середовищі та його накопичення у тканинах гідробіонтів може мати екотоксикологічний ефект [4]. Саме тому метою нашої роботи стало дослідження змін жирнокислотного складу ліпідів м'язів карася та щуки за дії супрафізіологічних концентрацій іонів кобальту.

Для дослідження впливу підвищених концентрацій іонів Co^{2+} (0,1 та 0,25 мг/дм^3) було обрано типових представників іхтіофауни України — карася сріблястого (*Carassius gibelio,* Bloch) та щуку звичайну (*Esox lucius,* Linnaeus). Кобальт вносили у воду акваріумів об'ємом 200 дм^3 у вигляді хлориду кобальту ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$). Воду в акваріумах змінювали щодводобово. Карасів і щук під час проведення досліду не годували. Було використано 14-денний період акліматизації, що дозволило рибам досягти фізіологічного гомеостазу [3]. Експерименти на прісноводних рибах проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин та рішення етичної комісії Тернопільського національного педагогічного університету (Протокол № 2/2020, від 3 серпня 2020 р.).

Відбір тканин білих м'язів спини риб здійснювали за температури 4 °С. З отриманих зразків тканин відбирали наважки для екстрагування ліпідів і розділення фракцій жирних кислот. Екстрагування загальних ліпідів проводилося методом Фолча [2]. Аналіз жирних кислот м'язів риб здійснювали на газовому хроматографі Agilent 6890 (Agilent Technologies, США), обладнаному полум'яно-іонізаційним детектором та капілярною колонкою BPX70. Кількісний вміст кожної кислоти (%) визначався методом внутрішньої нормалізації як відношення площі відповідного піку до сумарної площі всіх піків на хроматограмі.

У результаті експериментальних досліджень ліпідного профілю м'язів карася та щуки за впливу іонів Co^{2+} нами було ідентифіковано 13 жирних кислот, які включали п'ять насичених жирних кислот (НЖК), три мононенасичені жирні кислоти (МНЖК)та п'ять поліненасичених жирних кислот (ПНЖК).

У м'язах карася за впливу обох досліджених концентрацій іонів кобальту серед фракцій НЖК виявили підвищення частки

міристинової кислоти та зниження вмісту стеаринової кислоти відносно контрольних значень. Аналіз НЖК у м'язах щуки виявив вірогідне зниження рівня лауринової та арахінової кислоти за впливу 0,1 мг/дм^3 іонів кобальту, тоді як за дії 0,25 мг/дм^3 Co^{2+} знизились частки усіх насичених жирних кислот (лауринової, міристинової, пальмітинової, стеаринової, арахінової).

Аналіз профілю мононенасичених жирних кислот за дії 0,25 мг/дм^3 іонів показав зменшення часток олеїнової кислоти у карася та пальмітолеїнової м'язах щуки, тоді як частка ейкозенової кислоти зростала в обох видів риб.

Аналіз пулу ПНЖК у м'язовій тканині карася виявив зростання їх частки на 23,2 % за впливу іонів кобальту в концентрації 0,25 мг/дм^3. Найбільш виражених змін зазнав рівень докозагексаєнової кислоти. Натомість в організмі щуки експозиція до підищених концентрацій кобальту індукувала зростання вмісту лінолевої та арахідонової кислот. Водночас частка ейкозапентаєнової кислоти вірогідно знизилася відносно контрольних показників за дії обох досліджуваних концентрацій металу.

Отже, було встановлено видові особливості профілю НЖК у м'язах риб, оскільки у карася спостерігається перерозподіл окремих фракцій, тоді як у щуки за дії максимальної концентрації металу відбувається системне виснаження пулу НЖК, що проявляється у вірогідному зниженні часток усіх п'яти досліджуваних насичених кислот. Спільною реакцією обох видів риб на дію іонів кобальту є накопичення ейкозенової кислоти, що супроводжується одночасним зниженням вмісту МНЖК: олеїнової кислоти у м'язах карася та пальмітолеїнової у щуки.

Список літератури

1. Biomonitoring of heavy metal pollution in the Brantas River using genotoxic and histopathological biomarkers in wild cyprinidae / R. A. Islamy et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. Vol. 26, no. 12. P. 1–11. URL: https://doi.org/10.12911/22998993/206050
2. 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
3. Nasri F., Heydarnejad S., Nematollahi A. Sublethal Cobalt Toxicity Effects on Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss). *Croatian Journal of Fisheries*. 2019. Vol. 77, no. 4. P. 243–252. URL: https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0018
4. Toxicological effects of cobalt on common carp: oxidative stress, ionic imbalance, fatty acid disruption, and gill histopathology / F. Ghribi et al. *Environmental Geochemistry and Health*. 2025. Vol. 47, no. 4. URL: https://doi.org/10.1007/s10653-025-02407-x

УДК 597:574.64:577.112:546.48

ВПЛИВ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КАДМІЮ НА ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД БІЛКІВ ПЛАЗМИ КРОВІ КАРАСЯ ТА ЩУКИ

[1]Петрушка Б. М., [2]Любович О. Є., [1]Хоменчук В. О., [1]Курант В. З.

[1]Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
[2] КНП «Тернопільська обласна клінічна лікарня» Тернопільської обласної ради
E-mail: bodik@tnpu.edu.ua

Важкі метали є домінуючими забруднювачами навколишнього водного середовища через їхню токсичність, стійкість у водних розчинах та здатність до біоакумуляції [2,5]. Збільшення попиту на важкі метали створює тиск на водні екосистеми. Добування багатьох з них може призвести до підвищення їх концентрації та побічних продуктів, що пов'язані з отриманням металів, у ґрунтах та водних об'єктах [3].

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 та є не однаковою для різних видів гідробіонтів. 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. Неесенціальні 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 [5].

Кадмій є високотоксичним металом. Він є токсичним щодо гідробіонтів різних трофічних рівнів, зокрема риб [4]. А так як риби є досить чутливими до дії різних полютантів, що знаходяться у воді, тому їх часто використовують у моніторингових дослідженнях для оцінки якості води. Система крові риб, і зокрема білки плазми крові, є досить лабільною хімічною системою, яка відображає стан організму за впливу внутрішніх та зовнішніх чинників.

Саме тому у нашій роботі ми дослідили вплив іонів кадмію на фракційних склад білків плазми крові прісноводних риб – карася та щуки, з метою оцінки стану їх організму та забрудненості води цим металом.

Дослідження було проведено на карасях сріблястих (*Carassius gibelio* Bloch.) і щуках звичайних (*Esox Lucius* L.) середньою масою 200-220 г та 170-200 г відповідно. Вивчали вплив іонів Cd^{2+} у двох сублетальних концентраціях – 0,01 та 0,025 мг/дм^3. Метал вносили у воду 200-літрових акваріумів у вигляді $CdCl_2x2,5H_2O$. З метою зниження впливу на риб їх власних екзометаболітів воду в акваріумах змінювали щодводобово. Період аклімації становив 14 діб. Після зазначеного терміну у риб із серця гепаринізованою голкою відбирали кров для аналізу та після її зсідання центрифугували зразки 20 хвилин при 3000 об/хв. Для виділення білкових фракцій плазми крові використовували прилад для електрофорезу Consort EV 2650 (Великобританія). Розшифрування фореграм проводили на денситометрі цієї ж фірми. Фореграми білків плазми крові риб містили п’ять основних фракцій – альбуміни, α_1, α_2, β та γ-глобуліни. Всі одержані результати піддавали статистичному аналізу з використанням пакету Microsoft Office Excel.

Аналіз отриманих результатів показав, що на альбумін в організмі карася припадає 47,8% білків плазми крові, а у щуки

лише 10,6%. Альбумін відіграє суттєву роль у підтриманні колоїдно-осматичного тиску крові, а також служить для організму важливим джерелом амінокислот [1]. За дії на організм карася підвищених концентрацій кадмію вміст альбуміну в його плазмі крові практично не змінювався за дії 0,01 мг/дм^3 металу і знижувався на 107,8% за впливу 0,025 мг/дм^3 іонів кадмію у воді. В плазмі крові щуки вміст альбуміну знижувався на 32,0% за дії 0,01 мг/дм^3 кадмію і зростав на 14,5% за впливу 0,025 мг/дм^3 іонів кадмію у воді.

Глобуліни плазми крові риб були розділені на α_1, α_2, β та γ-глобуліни. Найбільше білку у складі глобулінів у карася виявлено в β-фракції, а у щуки – в α_1-фракції. За дії іонів кадмію на вміст α_1-глобулінів у карася було виявлено зниження їх вмісту на 68,5% за дії 0,01 мг/дм^3 та повернення до контрольного значення за дії 0,025 мг/дм^3 металу у воді. Щодо щуки, то обидві досліджені концентрації металу призводили до не значного зниження кількості білків цієї фракції (на 3,1% та 4,8% відповідно).

Зміни у відносному вмісті α_2-глобулінів виявилися більш значними у карася та меншими у щуки. В результаті дії на організм риб обох досліджених концентрацій кадмію ми спостерігали зростання кількості білків цієї фракції як у карася, так і у щуки, за винятком останньої за дії металу в концентрації 0,025 мг/дм^3, де їх вміст дещо знижувався. Особливо цей показник зростав в двічі у карася за дії вищої концентрації досліджуваного металу. До складу α_2-фракції входить макроглобулін, який у нативному стані може приєднувати та транспортувати окремі метали. Саме цим, можливо, можна пояснити значне зростання цієї фракції білків у плазмі крові карася за дії 0,025 мг/дм^3 металу у воді.

Показники вмісту β-глобулінів як у карася, так і у щуки за дії обох досліджених концентрацій іонів кадмію призводили до зростання цієї фракції білків. Більш значне зростання цього показника ми спостерігали у карася за дії 0,025 мг/дм^3 металу у воді (в 1,8 рази). У плазмі крові щуки цей показник зростав лише при 0,01 мг/дм^3 іонів кадмію на 18,7%, і майже не змінювався при 0,025 мг/дм^3 іонів цього металу. До складу β-глобулінів входить трансферин, білок який зв'язує і транспортує іони заліза. Можливо збільшення вмісту цього білку в плазмі крові риб пов'язане із

посиленням кровотворної функції їх організму.

Вміст γ-глобулінів, з якими пов'язують захисні властивості організму, в плазмі крові карася та щуки змінювався по-різному. Так, у карася їх кількість зростала в 1,3 рази за дії 0,01 мг/дм^3 та в 1,9 рази за дії 0,025 мг/дм^3 кадмію у воді. У щуки кількість білків цієї фракції практично не змінювалася при нижчій концентрації металу у воді і дещо зростала при вищій (на 14,4%). Зростання вмісту γ-глобулінів, ймовірно, пов'язано з посиленням в організмі риб процесів імоногенезу, необхідних для адаптації в умовах дії токсиканта.

З усього сказаного слідує, що перспективним напрямком подальших досліджень є вивчення адаптивних реакцій системи крові прісноводних риб як індикатора їхнього фізіологічного стану та інструменту біомоніторингу гідроекосистем, забруднених важкими металами, зокрема кадмієм.

Подальше дослідження адаптивних реакцій гематологічної системи риб та ідентифікація інтегральних гематологічних маркерів, здатних відображати ключові зміни гомеостазу при екстремальних впливах водного середовища, є важливим напрямком для оцінки токсичного забруднення екосистем та здійснення екологічного моніторингу.

Список літератури

5. Cheger S. I. *Trasportnaya funktsiya syvorotochnogo albumina (Transport function of serum albumin).* Bucharest : Publishing House of Romanian Academy of Science, 1975. 183 p.
6. Hama Aziz K. H. Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. *RSC Advances.* 2023. Vol. 13(26). P. 17595–17610. https://doi.org/10.1039/d3ra00723e.
7. Jenkins J. A., Musgrove M., White S. J. O. Outlining potential biomarkers of exposure and effect to critical minerals: nutritionally essential trace elements and the rare earth elements. *Toxics.* 2023. Vol. 11, № 2. P. 188. URL: https://doi.org/10.3390/toxics11020188.
8. Lee J.-W. Review of cadmium bioaccumulation in fish exposed to cadmium. *Toxics.* 2024. Vol. 13, № 1. P. 7–23. URL: https://doi.org/10.3390/toxics13010007.

9. Sfakianakis D. G. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: a Review. *Environ. Research.* 2015. Vol. 137. P. 246–255. URL: https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.014.

УДК 582.998.16:615

ПОЛИН-ЕСТРАГОН: МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОЦІНКИ АНТИОКСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Жмурко М. О., Любинський О. І.

Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка
E-mail: lubin.alex@gmail.com

Artemisia dracunculus L. (естрагон) – це багаторічна деревна трав'яниста рослина родини айстрових, що походить з Північної Америки та Євразії. Висота стебла *A. dracunculus* варіюється від 40 до 150 см. Надземні стебла піднімаються від товстих, горизонтальних кореневищ, що ростуть гронами. Листя має довжину 1,2–8,0 см і ширину 1–6 мм. У традиційній медицині A. dracunculus використовується для лікування розладів травної системи. Крім того, його застосовували як місцевий анестетик для полегшення зубного болю, ран і порізів. Водний екстракт рослини використовується в традиційній арабській медицині для лікування безсоння, гінгівіту, діабету та ящура [1].

Найважливішими зареєстрованими групами біологічно активних вторинних метаболітів у *A. dracunculus* є ефірна олія, кумарини, флавоноїди, фенольні кислоти, похідні поліацетилену, флавоноїди, вітаміни та таніни [2].

Останні наукові дослідження показали деякі значні властивості рослини *A. dracunculus*, включаючи антибакте-ріальні, протигрибкові, протипротозойні, антиоксидантні, імуномодулюючі та протипухлинні характеристики [3].

Водночас, *Artemisia dracunculus* – поширена спеція та овоч, що вирощується по всьому Ірану, економічно важливий вид родини айстрових. Активність 12 іранських екстрактів *A. dracunculus* щодо поглинання вільних радикалів оцінювали за допомогою аналізів 1,1-дифеніл-2-пікрилгідразилу (DPPH) та ферум-відновлювальної антиоксидантної сили (FRAP). Загальний

вміст фенольних сполук та флавоноїдів вимірювали за допомогою спектрофотометричних методів. Для ідентифікації основних фенольних сполук також використовували високоефективну рідинну хроматографію з оберненою фазою (RP-HPLC) з УФ-детектором, що виявило наявність хлорогенової, сирингової та кавової кислот, тоді як переважним флавоноїдом був кверцетин. Герніарин був основним кумарином в екстрактах. Хоча висока антиоксидантна здатність спостерігалася у всіх екстрактах, їхня антиоксидантна активність значно варіювалася, причому зразки Birjand та Varamin мали найвищу та найнижчу ємності відповідно. Отримані загальні значення фенольних сполук та флавоноїдів аналогічно варіювалися серед зразків естрагону. Було виявлено позитивні лінійні кореляції між загальною антиоксидантною здатністю (аналізи DPPH та FRAP) та загальним вмістом фенольних, а також флавоноїдних сполук, що вказує на те, що фенольні сполуки були домінуючими антиоксидантними компонентами в тестованих рослинних екстрактах. Таким чином, естрагон може бути добрим джерелом природних антиоксидантів і має потенціал як цінна харчова добавка. Естрагон часто використовується не лише як пряність, а й як натуральний антиоксидант у харчовій промисловості, допомагаючи запобігати окисненню ліпідів [4, 6].

Зазначимо, що полин естрагон має виражені антиоксидантні властивості завдяки високому вмісту фенольних сполук, флавоноїдів (таких як рутин і кверцетин) та аскорбінової кислоти. Екстракти рослини ефективно нейтралізують вільні радикали, зменшують оксидативний стрес і захищають клітини від пошкоджень. До ключових компонентів, що зумовлюють антиоксидантну активність відносяться: поліфеноли та флавоноїди – основні діючі речовини естрагону, які діють як потужні донори електронів, пригнічуючи окиснювальні процеси у клітинах; аскорбінова кислота (вітамін С) – трава естрагону є багатим джерелом цього вітаміну. У свіжій сировині його вміст може досягати 170 мг %, що суттєво підсилює антиоксидантний ефект; ефірні олії – вміст ефірної олії (зокрема естраголу та оцимену) також додає антиоксидантних, антибактеріальних та протизапальних характеристик. Оцінка антиоксидантних

властивостей полину естрагону (*Artemisia dracunculus* L.) базується на визначенні вмісту фенольних сполук, флавоноїдів та їх здатності інактивувати вільні радикали. Естрагон містить біологічно активні речовини, такі як ефірні олії, кумарини, фенолокислоти та флавоноїди (кверцетин, рутин), які зумовлюють його високу антиоксидантну активність.

Методичні підходи щодо оцінки антиоксидантних властивостей полину естрагону, базуються на сумісних наукових дослідженнях та загальних принципах фітохімічного аналізу. Для досліджень використовують висушену надземну частину (пагони з листками), зібрану під час цвітіння. Для екстракції, найбільш ефективним є використання 70% етилового спирту або суміші спирт-вода для максимального вилучення фенольних сполук. Можлива ультразвукова екстракція для підвищення виходу активних речовин.

Для оцінки загального вмісту антиоксидантів використовують такі методи: 1. визначення суми фенольних сполук (Метод Фоліна-Чокальтеу) – дозволяє оцінити загальний вміст фенолів, які є основними антиоксидантами в естрагоні, результати виражають у мг галової кислоти (GAE) на 1 г сухої сировини; 2. визначення суми флавоноїдів – використовують спектрофотометричний метод з алюміній хлоридом $AlCl_3$, результати виражають у мг рутину або кверцетину на 1 г сировини.

Для оцінки антиоксидантної активності (АОА) використовують такі методи: 1. DPPH-метод (2,2-дифеніл-1-пікрилгідразил) – вимірює здатність екстракту естрагону відновлювати радикал DPPH (забарвлення змінюється з фіолетового на жовте), оцінюється зниження оптичної щільності при 517 нм; 2. FRAP-метод (Ferric Reducing Antioxidant Power) – визначає здатність екстракту відновлювати Fe^{3+} до Fe^{2+}; 3. ABTS-метод – вимірювання здатності до нейтралізації катіон-радикалів ABTS.

Основними показниками якості (критеріями оцінки) є:

1. Високий вміст фенольних сполук, що вказує на сильний потенціал сировини.

2. Низькі значення IC_{50} DPPH-тесті – чим нижча концентрація екстракту, необхідна для нейтралізації 50% радикалів, тим вища антиоксидантна активність.
3. Органолептичні показники – висока якість естрагону характеризується інтенсивним запахом та зеленим кольором [1, 2, 4, 5].

Список літератури

1. Полубенська С., Бажай-Жежерун С. Використання полину естрагону (*Artemisia dracunculus* L), у технологіях оздоровчих харчових продуктів. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: тези Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 2024 р. Київ : НУХТ, 2024. Ч. 1. С. 56.
2. Mohammed S. A., Jamous R. M. (2008). Traditional Arabic Palestinian herbal medicine. Palestine: BERC.
3. Obolskiy D. Pischel I., Feistel B., Glotov N., Heinrich M. (2011). *Artemisia dracunculus* L. (Tarragon): a critical review of its traditional use, chemical composition, pharmacology, and safety. *J. Agric. Food Chem*. 59, 11367–11384. DOI: 10.1021/jf202277w
4. Ekiert H., Świątkowska J., Knut E., et al. (2021). *Artemisia dracunculus* (Tarragon): a Review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Front. Pharmacol*. 12, 653993. DOI: 10.3389/fphar.2021.653993.
5. Mumivand H., Babalar M., Tabrizi L. (2017)Антиоксидантні властивості та основні фенольні фітохімічні речовини іранського естрагону (*Artemisia dracunculus* L.). Hortic. *Навколишнє середовище. Біотехнологія*. 58 , 414–422. https://doi.org/10.1007/s13580-017-0121-5 .
6. Jaradat N., Dwikat M., Amer J., et al. (2024) Total phenolic contents, cytotoxic, free radicals, porcine pancreatic α-amylase, and lipase suppressant activities of *Artemisia dracunculus* plant from Palestine. *Front. Pharmacol*. 15:1351743. doi: 10.3389/fphar.2024.1351743.

УДК 577.1:546.212

БІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ФУНКЦІЇ ВОДИ

Патика В. П.

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України

E-mail: patykavolodymyr@gmail.com

«Воді була надана чаруюча влада стати соком життя на Землі» *Леонардо да Вінчі.*

Вода – це у вищому ступені реакційно властива речовина, що володіє незвичними властивостями і дуже сильно відрізняється як у хімічному, так і у фізичному відношенні до більшості інших рідин. Перші клітини, що виникли у первинному океані, повинні були пристосовуватися до унікальних властивостей води, і, як ми побачимо, живі організми в кінцевому рахунку навчилися ефективно використовувати ці властивості. Вода і продукти її дисоціації – водневі і гідроксильні іони – є важливими факторами, які визначають структуру і біологічні властивості білків, нуклеїнових кислот, жирів, а також мембран і багатьох інших компонентів клітини.

У порівнянні з іншими рідинами вода має незвичайно високу температуру плавлення і кипіння, теплоту випаровування, питому теплоємкість, а також високий поверхневий натяг. Ця особливість води зумовлена тим, що сили притягування між молекулами рідкої води дуже великі і відповідно велике їх внутрішнє щеплення. Характерне розташування електронів у молекулі води надає їй електричну асиметрію. Більш електронегативний атом кисню намагається притягнути електрони атомів водню, залишаючи водневі атоми оголеними. У результаті кожен з двох атомів водню володіє частково позитивним зарядом, а атом кисню несе частково негативний заряд. Отже, молекула води в цілому хоча і не має сумарного заряду, але представляє собою електричний диполь.

Сили притягання між молекулами води визначаються в основному полярною природою цих молекул, так як між частковим негативним зарядом атома кисню однієї молекули води і частковим позитивним зарядом атома водню має місце сильне електростатичне притягання. Цей тип електростатичної взаємодії,

що включає у себе незначний ковалентний компонент, називають водневим зв'язком. Водневі зв'язки характерні не тільки для води, а й для біологічних систем. Водневі зв'язки між молекулами води виникають не тільки у рідкій воді, але і в кристалах льоду і водяній парі. Рідку воду можна розглядати як злегка розтрісканий лід (15% водневих зв'язків розривається у води). При 100ºС між молекулами води ще існує достатньо сильна взаємодія, на що вказує висока теплота випарування води. І дійсно, водневі зв'язки між молекулами води практично повністю зникають при нагріванні водяної пари до 600ºС.

Вода здатна також диспергувати багато сполук, що містять неполярні, або гідрофобні групи, причому утворюються міцели молекулярних розмірів за умови, що ці сполуки містять також сильно полярні групи. Цей тип «розчинення» стає можливим внаслідок утворення водневих зв'язків, що виникають не між молекулами розчиненої речовини і молекулами розчинника, а тільки між молекулами розчинника. Сполуки, що містять як сильно гідрофобні, так і сильно полярні групи, називаються амфіпатичними. Найпоширенішими амфіпатичними біомолекулами, схильними до утворення міцел, є жирні кислоти й полярні ліпіди.

Міцели можуть містити сотні й навіть тисячі молекул амфіпатичних речовини. Характерне розташування неполярних груп у молекулах, що утворюють міцели, обумовлено тенденцією молекул води до досягнення стану максимальної невпорядкованості, або максимальної ентропії. У цьому стані для води характерно величезне число міжмолекулярних взаємодій за рахунок водневих зв'язків. Для впровадження у воду якої-небудь неполярної структури, наприклад вуглеводневого ланцюга, потрібна витрата енергії, тому що в цьому випадку навколишні молекули води виявляються змушеними розташуватися трохи більш регулярно, ніж у випадку чистої води, тобто мати меншу ентропію. Іншими словами, міцели утворюються внаслідок того, що молекулам води більше «подобаються» інші молекули води, ніж неполярні структури.

Живі організми успішно пристосувались до водного середовища і навіть напрацювали засоби використання деяких

незвичайних властивостей води. Висока питома теплоємність води корисна для клітини, тому що клітинна вода діє як «тепловий буфер», дозволяючи зберігати відносно сталу температуру клітини при помітних коливаннях температури довкілля.

Висока теплота випарювання води лежить в основі ефективного механізму тепловіддачі шляхом випарювання поту у хребетних. Висока структура упорядкованості рідкої води, що обумовлена водневими зв'язками, використовується вищими рослинами для транспорту живильних речовин з коріння у листки. Навіть те, що лід має більш низьку густину у порівнянні з рідкою водою тому і плаває, має важливі біологічні наслідки для водних організмів. Але найбільш суттєвим для всіх організмів є той факт, що багато важливих біологічних властивостей клітинних макромолекул, зокрема нуклеїнових кислот і білків, обумовлені взаємодією цих молекул з оточуючими їх молекулами води.

Вода характеризується такими фізичними показники (за ІСО 6170): температура, запах, смак, прозорість, мутність, густина.

Хімічні показники води (за ІСО 6170): грубо-дисперговані речовини, мг/л; сухий залишок, мг/л; прокалений залишок, мг/л; електропровідність, $ом^{-1}$ х $см^{-1}$; окислювальність, мг O_2/л; розчинений кисень, мг/л; біохімічне споживання кисню (БПК5), мг/л O_2; вільний хлор, мг/л; хлороємність, мг/л; активна реакція середовища, pH; кислотність, мг-екв/л; лужність, мг-екв/л; іони Ca2+, Mg2+, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Al^{3+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}; азотовмісні речовини: азот амонійних солей, нітрити, нітрати, мг/л; твердість води, мг-екв/л; вуглекислота, мг/л; кремнієвий ангідрид, мг/л; сірководень; іони важких металів.

Завдяки будові та унікальним властивостям вода обумовлює життєдіяльність клітин, тканин і органів живих організмів.

РОЗДІЛ 5. ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

УДК: 581.11:57.085.2]:582.998.16

ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО РЕЖИМУ *SENECIO BESSERIANUS* MINDER. (ASTERACEAE) В УМОВАХ КУЛЬТУРИ *IN VITRO*

Сташків І. П., Прокоп'як, М. З., Колісник Х. М., Метельська І. С., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
E-mail: stashkiv@chem-bio.com.ua

Водний режим є одним з ключових фізіологічних показників рослин, який визначає інтенсивність метаболічних процесів, рівень транспірації, підтримання тургору клітин та адаптаційний потенціал рослин до умов навколишнього середовища. Порушення водного режиму призводить до змін фізіологічного стану рослин і зниження їх життєздатності. Метою нашого дослідження було визначення окремих фізіологічних показників *Senecio. besserianus* Minder. в культурі *in vitro*.

Для культивування рослин використовували середовище Мурасіге-Скуга з половинним вмістом мікро- і макросолей (МС/2): 1) без регуляторів росту (РР); 2) з додаванням 2 мл/л 6-бензиламінопурину (БАП) та 0,5 мл/л нафтилоцтової кислоти (НОК) [4]. Фізичні параметри вирощування: температура повітря – 20–22°С, відносна вологість повітря – 55–60 %, фотоперіод – 16 год світла / 8 год темряви, освітленість – 2500–3000 лк. Після 30-ти днів культивування *S. besserianus in vitro* визначали: вологоутримувальну здатність (WL, %), інтенсивність транспірації (Е, г води/см²год), водний дефіцит (WSD, %), загальний вміст води в листках (WSF, г води × г $^{-1}$сух. маси). Дослідження проводили у п'ятьох повторах. Результати представлені у вигляді середнього арифметичного (М) та стандартної помилки середнього (SE) – М ± SE.

Вільна вода, що є в клітинах і тканинах рослин, характеризується достатньою рухливістю, є розчинником, який забезпечує перебіг усіх фізіолого-біохімічних реакцій. Дія

стресового фактора призводить насамперед до випаровування та зменшення в клітинах саме цієї форми води. Зв'язана вода поділяється на осмотично зв'язану та колоїдно зв'язану; вона знаходиться або всередині колоїдної системи, або на поверхні колоїдів, між ними [5]. Здатність рослин утримувати певну частину води завдяки осмотичним силам і підвищеній гідрофільності біоколоїдів є універсальною реакцією організму на погіршення умов навколишнього середовища. Тому за дії будь-якого стресового чинника зменшення втрат води відбувається внаслідок підвищення вологоутримувальної здатності тканин [5]. У технології розмноження *in vitro* цей показник є важливим з точки зору перенесення рослин у неконтрольовані умови *in vivo* та їх виживання, використовується як критерій стійкості рослин до посухи [2, 3]. Потенційна посухостійкість виду і ступінь оводненості тканин забезпечується механізмами, що регулюють вологоутримувальну здатність.

У результаті нами показано, що додавання регуляторів росту у середовище вплинуло на вологоутримувальну здатність і загальну оводненість тканин. Показники WL та WSF становили на середовищі з БАП і НОК 49 ± 3 % та 10,1 ± 2,1 г води × г $^{-1}$сух. маси, а без РР – 35 ± 4 % та 7,3 ± 1,5 г води, × г $^{-1}$сух. маси відповідно. Водний дефіцит, що є інтегральним показником водного режиму, залежить як від інтенсивності випаровування, так і здатності до утримання води рослинних клітин [1]. Рослини варіанту з РР мають менші показники водного дефіциту (WSD) – 14 ± 3 %, порівняно з рослинами, які росли на середовищі без РР (21 ± 6 %), що свідчить про вищу стійкість до нестачі вологи. Важливим показником для визначення водного режиму є транспірація. Інтенсивність транспірації залежить від багатьох факторів, зокрема температури, освітлення, водозабезпечення, тощо [5]. Показник Е для рослин, культивованих на середовищі МС/2, становив 0,012 ± 0,004 г води/см² год, тоді як для рослин на середовищі МС/2 з БАП і НОК – 0,02 ± 0,008 г води/см² год.

Отже, встановлено, що вологоутримувальна здатність листків (тканин) *S. besserianus* на середовищі МС/2 з додаванням БАП та НОК була вищою у 1,4 разів, а водний дефіцит меншим в 1,5 разів у порівнянні з контролем, що вказує на потенційно вищу

стійкість рослин цього варіанту. Визначення інтенсивності транспірації рослин *in vitro* досліджуваного виду показало, що вона залежить від вмісту в середовищі регуляторів росту, а саме 2 мл/л БАП та 0,5 мл/л НОК. Отримані результати можна використати для подальшого дослідження розмноження рослин *S. besserianus* за технологією *in vitro – ex vitro*.

Список літератури

1. Колісник Х. М., Грицак Л. Р., Бойко А. В., Дробик Н. М. Зміна водного режиму рослин деяких видів роду *Carlina* L. у ході онтогенезу. *Тернопільські біологічні читання - Ternopil Bioscience - 2021* : матеріали всеукраїнської наук.-практ. конф. Тернопіль : Вектор, 2021. С. 89–92.
2. Grytsak L., Drobyk N. Modern technologies of increasing the tolerance of *in vitro* cultured plants to *ex vitro* conditions. *Factors of Experimental Evolution of Organisms*. 2020. Vol. 26. P. 183–189. https://doi.org/10.7124/FEEO.v26.1347.
3. Gupta A., Rico-Medina A., Caño-Delgado A. The physiology of plant responses to drought. *Science*. 2020. Vol. 368, No. 6488. P. 266–269. https://doi.org/10.1126/science.aaz7614..
4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. plant*. 1962. Vol. 15. P. 473–497. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.
5. Zelenianska N., Ishchenko I., Samofalov M. Influence of nutrient media on the physiological parameters of grape microclones. *Scientific Horizons*. 2023. Vol 26, No. 6. P. 71–84. https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.71

УДК 581.143.6:633.111

OPTIMIZATION OF COTTON INTRODUCTION INTO *IN VITRO* CULTURE AND PROSPECTS OF THE METHOD FOR THE DEVELOPMENT OF COTTON PRODUCTION IN UKRAINE

[1]Demydenko V. A., [1]Tesliuk N. I., [2]Zambriborshch I. S., [2]Shestopal O. L.

[1] Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Microbiology, Virology and Biotechnology, Odesa, Ukraine
[2] Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Odesa, Ukraine
E-mail: bio6721@stud.onu.edu.ua

Cotton (*Gossypium spp*.) is an annual plant belonging to the family Malvaceae. Its life cycle ranges from 110 to 180 days depending on the cultivar. The height of a mature plant typically varies from 1 to 2 meters. Cotton also serves as a raw material for the production of medical dressings and personal hygiene products, cellulose and paper, plastics and films, varnishes and paints, explosives, pharmaceutical excipients, and more. Cotton fiber is the most widely used natural textile material in the world. In addition, cotton is an important oilseed crop. Cottonseed oil is suitable for both technical applications and consumption by humans and animals. In regions where cotton is a dominant crop, the share of cottonseed oil in the market may reach up to 70%. Cottonseed meal is rich in protein and is widely used as a component of livestock feed [4].

The southern region of Ukraine is suitable for cotton cultivation. The cultivation of cotton under the conditions of the southern steppe of Ukraine has a history of more than a century. The current stage of development of the national agro-industrial sector is characterized by the search for new niche and strategic crops. Numerous scientific studies, field trials, and practical experience confirm the high potential of cotton as a promising crop for the southern regions of Ukraine. Despite general climate warming, the climatic conditions of Ukraine remain relatively harsh for cotton cultivation, particularly due to the risk of spring frosts and insufficient accumulation of active temperatures in certain years. This necessitates the development of locally adapted

cultivars suited to specific soil and climatic zones, with high productivity and superior fiber quality. Key traits for cotton breeding under the conditions of the southern Ukrainian steppe include early maturity, drought tolerance, fiber length, and boll weight. To date, specialists of the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine have developed two early-maturing, medium-fiber cotton cultivars, *Pidozerskyi-4* and *Dniprovskiy-5* [1]. Continued efforts to improve existing cultivars and develop new ones remain highly relevant for Ukraine.

In vitro culture methods represent a high-tech tool in plant breeding. Their application facilitates overcoming reproductive barriers, accelerates the propagation of promising genotypes, and ensures the conservation of valuable genetic material. Furthermore, the use of somaclonal variation and cell selection on selective media enables the identification of forms with desirable traits, such as resistance to biotic and abiotic stresses. Plant tissue culture is also an essential platform for targeted genetic transformation [3].

Due to the possibility of conducting continuous research throughout the year, in vitro technologies are becoming a key factor in accelerating cotton breeding. This opens new opportunities for the rapid development of high-yielding cultivars capable of fully realizing their potential under the arid conditions of southern Ukraine.

It is well known that one of the most critical stages in plant biotechnology is the establishment of explants in in vitro culture. At this stage, maintaining sterility and optimizing the composition of the nutrient medium are essential. To prevent contamination in in vitro culture, careful sterilization of explants, equipment, and culture media is required [2].

The aim of this study was to evaluate the feasibility of cotton cultivation in vitro and to determine optimal conditions for obtaining sterile regenerated plants from seed material.

Seed material of the cotton cultivar ‘Chirpan 539’ was kindly provided by the staff of the Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation (Odesa).

As a result of the study, an optimized stepwise sterilization protocol for cotton seeds was developed for their introduction into in vitro culture.

The sterilization procedure included the following steps:

1. Preliminary washing in a soap solution for 10 minutes;
2. Rinsing with distilled water;
3. Sterilization with 15–20% sodium hypochlorite solution for 15 minutes;
4. Rinsing with sterile distilled water;
5. Treatment with 96% ethanol for 1 minute, followed by rinsing with sterile water.

Sterilized seeds were transferred onto sterile paper filters in Petri dishes to initiate germination and root system development. After germination, the material was introduced into in vitro culture on hormone-free Murashige and Skoog (MS) medium for further growth and development. The cultures were maintained at +20–25°C under a 12-hour photoperiod (12 h light / 12 h dark).

During the first week of cultivation, the proportion of germinated aseptic seeds reached 40%. In the second week, an intensification of growth processes was observed, resulting in a germination rate of 70%. The final yield of viable cotton plants under in vitro conditions was approximately 60%.

The obtained collection of aseptic cotton plants is being maintained and serves as a source of primary explants from various vegetative organs. This provides a necessary basis for the initiation of callus formation, further biomass proliferation, and advanced studies within the framework of cell selection programs.

References

1. Боровик В. О., Баранчук В. А., Степанов Ю. О. «Історичний шлях селекції бавовнику в Інституті зрошуваного землеробства». *Зрошуване землеробство.* 2014, Вип. 62, С. 95–98.
2. Титаренко Н., Теслюк Н. Використання препаратів фунгіцидної дії для запобігання контамінації під час введення рослин в культуру *in vitro*. *Грааль науки*. 2021. № 7. С. 131–133.
3. Tefera A. A. Review on Application of Plant Tissue Culture in Plant Breeding. *Journal of Natural Sciences Research*. 2019, 9 (3), 20–24. https://doi.org/10.7176/JNSR/9-3-03

4. Zia M. A. Physicochemical features, functional characteristics, and health benefits of cottonseed oil: a Review. *Brazilian Journal of Biology*. 2022, Vol. 82 (5), P. 1458-1465 https://doi.org/10.1590/1519-6984.243511

УДК 632.937:579.64:631.461

ТЕХНОЛОГІЯ БІОСИНТЕЗУ БІОФУНГІЦИДІВ НА ОСНОВІ *TRICHODERMA*

Алієва А., Грецький І. О.

Київський національний університет технологій та дизайну
E-mail:ihorhretskyi@gmail.com

Біофунгіциди на основі грибів роду *Trichoderma* є перспективною альтернативою хімічним засобам захисту рослин завдяки високій антагоністичній активності проти фітопатогенів, екологічній безпечності та здатності стимулювати ріст рослин. Найбільш поширеними продуцентами біофунгіцидів є *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum* та *T. virens* [1]. Механізм їх дії ґрунтується на мікопаразитизмі, конкуренції за субстрат, синтезі антибіотичних речовин, а також продукуванні гідролітичних ферментів — хітиназ, целюлаз і β-1,3-глюканаз, які руйнують клітинні стінки патогенних грибів [2].

Технологія біосинтезу біофунгіцидів включає декілька основних етапів: селекцію активного штаму, підготовку поживного середовища, культивування, ферментацію, стабілізацію та формуляцію готового препарату. На першому етапі здійснюють виділення високопродуктивних штамів *Trichoderma* з ґрунту або рослинних решток із подальшим тестуванням їх антагоністичної активності щодо фітопатогенів. Важливими критеріями відбору є швидкість росту міцелію, інтенсивність спороутворення та стійкість до змін температури й вологості [3].

Для культивування грибів використовують рідкі та тверді поживні середовища, що містять джерела вуглецю та азоту. Найчастіше застосовують мелясово-соєве, картопляно-глюкозне або зернове середовище. Оптимальні параметри ферментації становлять температуру 25–28 °C, pH 5,5–7,0 та активну аерацію середовища [4]. У промислових умовах застосовують глибинне

культивування у ферментерах із контролем рівня кисню, швидкості перемішування та піноутворення. Максимальний вихід біомаси і конідій спостерігається через 72–96 год культивування [4].

Після завершення ферментації біомасу відокремлюють і переводять у стабільну препаративну форму. Як носії використовують тальк, торф, вермикомпост, лігнін або каолін. Для підвищення життєздатності спор додають прилипачі, кріопротектори та полімерні стабілізатори. Сучасним напрямом є мікрокапсулювання спор *Trichoderma*, що забезпечує тривале зберігання та поступове вивільнення активного агента у ґрунті [2]. Термін зберігання якісного біопрепарату може становити від 6 до 12 місяців за збереження титру не менше 10^7–10^8 КУО/г.

Ефективність біофунгіцидів залежить від штаму продуцента, технології ферментації та умов застосування. Препарати на основі *Trichoderma* успішно використовують для контролю фузаріозу, ризоктоніозу, фітофторозу, сірої та білої гнилей. Крім фунгіцидної дії, вони здатні індукувати системну резистентність рослин і покращувати засвоєння елементів живлення [1, 3]. Використання таких біопрепаратів відповідає принципам сталого землеробства та сприяє зниженню пестицидного навантаження на агроекосистеми.

Список літератури

1. Kumar V., Koul B., Taak P. et al. Journey of *Trichoderma* from Pilot Scale to Mass Production: A Review. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, № 10. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture13102022
2. Prashanth Kumar A., Sathish G., Srinivas J., Chandrasekhar B. *Trichoderma* Species and Their Biological Mechanisms. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. Vol. 13, № 10. P.1637-1651. DOI: https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102819.
3. Sudha A., Praveen V., Amala A.S. et al. Expedition of *Trichoderma* formulations: Production to storage in India – A Review. *Journal of Environmental Biology*. 2024. Vol. 45, № 4. DOI: https://doi.org/10.22438/jeb/45/4/mrn-5290.
4. Adesh K., Aman R., Ankit K. et al. A synopsis of *Trichoderma viride* bioformulation: Mass production techniques, methods of

farm applications, challenges, limitations and future perspectives. *Plant Science Today*. 2025. DOI: https://doi.org/10.14719/pst.12073.

УДК 579.845:579.25:[577.21:582.26(26)]

ВИДІЛЕННЯ МЕТАГЕНОМНОЇ ДНК БАКТЕРІЙ, АСОЦІЙОВАНИХ ІЗ МОРСЬКИМИ МАКРОВОДОРОСТЯМИ, ЯК ПІДХІД ДО ПОШУКУ МІКСОБАКТЕРІЙ – ПРОДУЦЕНТІВ АНТИМІКРОБНИХ СПОЛУК

Іваніца В. Ю., Залеська М. А., Лісютін Г. В., Чабан М. М., Страшнова І. В.

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
E-mail: vitali_ivanitsa@stud.onu.edu.ua

Зростання антибіотикорезистентності серед патогенних мікроорганізмів зумовлює необхідність пошуку нових природних джерел антимікробних сполук. Одними з найбільш перспективних продуцентів біологічно активних вторинних метаболітів і літичних ферментів є міксобактерії – грамнегативні соціальні бактерії з великими геномами та високим біосинтетичним потенціалом [5]. Ці мікроорганізми здатні синтезувати широкий спектр структурно різноманітних природних сполук, включаючи полікетиди, нерибосомні пептиди та їх гібриди, багато з яких проявляють виражену антимікробну активність [1, 5].

Тривалий час дослідження міксобактерій були зосереджені переважно на наземних представниках, тоді як морські міксобактерії залишаються значно менш вивченою групою. Наявні на сьогодні дані свідчать, що більшість описаних морських міксобактерій належить до підпорядку *Nannocystineae* [1, 3]. Дослідження морських міксобактерій ускладнюється низькою щільністю їх популяцій у природних біотопах, а також труднощами їх культивування в лабораторних умовах [3]. У зв’язку з цим важливого значення набувають метагеномні підходи, які дозволяють досліджувати генетичне різноманіття мікробних спільнот без необхідності попереднього культивування мікроорганізмів [2, 3]. Аналіз метагеномної ДНК дає змогу

виявляти філогенетичні маркери, зокрема гени 16S рРНК [4]. Такий підхід дозволяє встановити наявність міксобактерій у певному біотопі та оцінити доцільність подальших досліджень [3].

Метою роботи було отримати метагеномну ДНК бактеріальних спільнот, асоційо-ваних з морськими макроводоростями, та детектувати в ній гени 16S рРНК міксобактерій.

Метагеномну ДНК виділяли із бактеріальної фракції, асоційованої з морськими макроводоростями *Cladophora vadorum*, *Ulva lactuca*, *Ulva linza*, *Ulva intestinalis*, *Chaetomorpha aerea*, *Ceramium rubrum*.

Для відокремлення бактеріальних клітин від водоростей приблизно 10 г кожного зразка подрібнювали на фрагменти площею близько 2 см² та інкубували протягом 20 хв у 50 мл відмивочного буфера (100 мМ NaCl, 50 мМ Tris-HCl, 10 мМ EDTA, 0,5% Tween 80 або Tween 21) при кімнатній температурі на шейкері (180 rpm). Після інкубації великі фрагменти водоростей видаляли, а отриману суспензію послідовно центрифугували та фільтрували через мембранні фільтри з діаметром пор 0,22 мкм для концентрування бактеріальної фракції.

Виділення метагеномної ДНК проводили за модифікованим нами CTAB-методом із фенол-хлороформною очисткою. Мембранні фільтри з адсорбованими клітинами інкубували в CTAB-екстракційному буфері з протеїназою K при 55 °C, після чого проводили екстракцію сумішшю фенол : хлороформ : ізоаміловий спирт (25:24:1). Після відділення водної фази зразки обробляли RNase A, ДНК осаджували ізопропанолом, промивали 70% етанолом та ресуспендували у TE-буфері.

У результаті було отримано 30 мкл метагеномної ДНК з концентрацією 211 нг/мкл. Після додаткового очищення з використанням набору Qiagen PowerFecal концентрація ДНК становила 29 нг/мкл, при цьому показники чистоти відповідали вимогам для молекулярно-біологічних досліджень (A260/A280 = 1,80; A260/A230 = 2,14).

Для порівняльної оцінки було проведено виділення ДНК із використанням комерційних наборів Qiagen PowerFecal та Qiagen PowerSoil, які забезпечували нижчий вихід ДНК (35 та 14 нг/мкл

відповідно). Додатково було протестовано альтернативні методи екстракції на основі SDS, комбінацій SDS–лізоцим та SDS–CTAB. Отримані результати показали, що попереднє відмивання бактеріальних клітин від поверхні макроводоростей у буфері з неіонним детергентом у поєднанні з механічним струшуванням та з подальшою CTAB-екстракцією забезпечило ефективну десорбцію бактеріальних клітин.

Отриману ДНК тестували методом ПЛР з використанням універсальних бактеріальних праймерів 27F (5′-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3′) та 1492R (5′-GGTTACCTTGTTACGACTT-3′) для ампліфікації гена 16S рРНК. Для виявлення представників міксобактерій додатково використовували специфічні праймери: W1 (5′-CCGCGTGTGTGATGAAGGTC-3′), специфічний для підпорядку *Cystobacterineae* (пара W1/1492R), та W4 (5′-TTAGCAAGCACCGGCTAA-3′), специфічний для підпорядку *Nannocystineae* (пара W4/1492R). ПЛР-аналіз із використанням специфічних праймерів W1/1492R та W4/1492R, розроблених для селективної ампліфікації представників підпорядків *Cystobacterineae* та *Nannocystineae*, підтвердив наявність представників міксобактерій у бактеріальних спільнотах, асоційованих із дослідженими морськими макроводоростями. При цьому, у зразках із попереднім відмиванням бактерій інтенсивність ПЛР-сигналу була суттєво вищою порівняно з прямою екстракцією метагеному, що пояснюється збагачення зразка цільовою ДНК, зокрема міксобактерій.

Виділену метагеномну ДНК планується використати для секвенування ампліконів гена 16S рРНК з метою визначення таксономічного складу мікробних спільнот, асоційованих із морськими макроводоростями Одеської затоки Чорного моря, а також оцінки відносної чисельності міксобактерій у складі цих мікробіомів.

Список літератури

1. Bhat M.A., Mishra A.K., Bhat M.A., Banday M.I., Bashir O. et al. Myxobacteria as a source of new bioactive compounds: A perspective study. *Pharmaceutics*. 2021. Vol. 13(8). P. 1265. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13081265

2. Chaudhari H.G., Prajapati S., Wardah Z.H., Raol G., Prajapati V. et al. Decoding the microbial universe with metagenomics: A brief insight. *Front. Genet*. 2023. Vol. 14. P. 1119740. https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1119740
3. Garcia R., La Clair J.J., Müller R. Future directions of marine myxobacterial natural product discovery inferred from metagenomics. *Mar Drugs*. 2018. Vol. 16(9). P. 303. https://doi.org/10.3390/md16090303
4. Pérez-Cobas A.E., Gomez-Valero L., Buchrieser C. Metagenomic approaches in microbial ecology: An update on whole-genome and marker gene sequencing analyses. *Microb Genom*. 2020. Vol. 6(8). P. mgen000409. https://doi.org/10.1099/mgen.0.000409
5. Saggu S.K., Nath A., Kumar S. Myxobacteria: Biology and bioactive secondary metabolites. *Research in Microbiology*. 2023. Vol. 174. P. 104079. https://doi.org/10.1016/j.resmic.2023.104079

УДК 581.143.6:58.036:582.998.1

ВПЛИВ СЕЗОННОСТІ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ТА РІСТ РОСЛИН ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L. В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

Колісник Х. М., Грицак Л. Р., Прокоп'як М. З., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: kolisnikhristina32@gmail.com

У контексті сучасного розвитку суспільства простежується стійка тенденція до збільшення обсягів використання фітосировини у фармацевтичному виробництві. Значна частка лікарських засобів, що застосовуються у медичній практиці, складається із сполук, отриманих з рослинного матеріалу. Проте надмірна та неконтрольована заготівля лікарських рослин спричиняє виснаження їх природних ресурсів і звуження ареалу, що становить загрозу для існування рідкісних видів. Перспективним напрямом подолання цієї проблеми є використання технологій культивування рослин *in vitro.* Застосування біотехнологічних методів дає змогу не лише

зберігати генофонд цінних лікарських рослин, а й забезпечувати фармацевтичну промисловість достатньою кількістю фітоматеріалу [5].

Представниками цінних рідкісних лікарських рослин є і рослини роду *Carlina* L., а саме: відкасник татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawł) та відкасник осотоподібний (*Carlina cirsioides* Klokov), що належать до Червоної книги України (2009), а також вид *Carlina acaulis* L., який в Україні вважається регіонально-рідкісним [1].

Умови культивування рослин у культурі *in vitro* суттєво відрізняються від тих, у яких рослини зростають у природному середовищі. Відмінності насамперед зумовлені штучно створеними умовами вирощування, серед яких важливе значення мають хімічний склад живильного середовища, вміст макро- та мікроелементів, інтенсивність та спектральний склад світла, екзогенні регулятори росту, показники газового складу та вологості повітря [2]. Однак, окрім зазначених факторів, на ріст і морфогенез рослин у культурі *in vitro* впливають сезонні коливання, що зумовлено змінами фізіолого-біохімічного стану донорських експлантів. У літературних джерелах зазначено, що залежно від пори року варіюють вміст фенольних сполук і ендогенних фітогормонів в експлантах, інтенсивність їх побуріння та рівень контамінації, а також ефективність процесів ризогенезу і регенерації [3, 4].

Враховуючи вище зазначене метою нашої роботи було дослідити вплив сезонності на проростання насіння та ріст рослин *in vitro* видів роду *Carlina*.

Для введення в культуру *in vitro* насіння збирали із місцезростань *C. cirsioides* та *C. onopordifolia* (г. Голиця, с. Гутисько, Тернопільський район, Тернопільська область, 295 м. н. р. м), а також *C. acaulis* (с. Лазещина, Рахівський район, Закарпатська область, 714 м н. р. м.).

Технологія стерилізації насіннєвого матеріалу: 1) обробка розчином детергенту тривалістю 30 хв; 2) промивання проточною водою 30 хв; 3) 2-разове обмивання у дистильованій воді; 4) знезараження 96 % етанолом тривалістю 15 секунд; 5) обробка стерилізаційним 15 % розчином H_2O_2 протягом 30 хв; 6) 2-разове

промивання стерильною дистильованою водою. Перед стерилізацією насіння витримували у розчині індоліл-3-масляної кислоти концентрацією 1000 мг/л упродовж 2–4 год. Стерильне насіння переносили у асептичні чашки Петрі з агаризованим середовищем для культивування Мурасіге, Скуга (МС) з вдвічі зменшеною концентрацією як макро-, так і мікросолей (МС/2) без регуляторів росту. Проростання насіння та ріст асептичних проростків відбувалось за інтенсивності освітлення 460 мкмоль/(м²·с), показниках температури +18 – +20 °С та вологості 80 %. Рослини висаджували у культиваційні колби об'ємом 200 мл на поролонові диски, використовуючи живильне середовище МС/2, доповнене 0,1 мл/л індоліл-3-оцтовою кислотою. Вимірювання морфометричних параметрів здійснювали через 60 діб.

Перші проростки відкасників з'являлися вже на 5–6 добу. Дослідження динаміки схожості насіння засвідчило, що тривалість його зберігання після збору має незначний вплив на рівень проростання. Так, схожість насіння відкасника татарниколистого, зібраного у 2015 році, була лише на 3,5 % нижчою порівняно з насінням, яке збирали у 2022 році. У рослин відкасника осотоподібного схожість насіння після семи років зберігання знизилася на 7 %, тоді як у відкасника безстеблового – на 8 %. Результати досліджень свідчать про те, що ранньовесняні місяці є найсприятливішими для схожості насіння, а влітку та зимою спостерігаються найменші показники проростання. Нами було встановлено, що енергія проростання рослин роду *Carlina* була найбільшою у жовтні, зокрема, для виду *C. onopordifolia* цей показник становив 98,8 %, у *C. cirsioides* – 89,5 %, а у *C. acaulis* – 84,8 %. Найнижчі показники проростання насіння були зафіксовані у грудні.

У ході досліджень нами також було досліджено залежність морфометричних параметрів рослин роду *Carlina* від зміни сезонів. Відтак, було окреслено наступні закономірності. У виду *C. onopordifolia* вища інтенсивність приросту листків у довжину та ризогенезу спостерігається у літній період, порівняно з осіннім – на 7,3 % і 28,4 % відповідно. Натомість у *C. acaulis* вищі показники приросту листків і коренів виявились у жовтні порівняно з червнем

– на 46,6 % та 11,2 % відповідно. Водночас сезонний чинник не мав істотного впливу на розвиток кореневої системи рослин *C. cirsioides* (популяція з Лазещини), тоді як у особин цього виду популяції із с. Гутисько в літній період ріст коренів у довжину був майже удвічі інтенсивнішим (4,6 см) порівняно з осіннім (2,8 см) періодом.

Отже, насіння видів роду *Carlina* характеризується високою життєздатністю та здатністю до тривалого зберігання без суттєвої втрати схожості. Встановлено, що сезонні коливання впливають на енергію проростання насіння та морфометричні показники рослин *in vitro*, що необхідно враховувати під час їх культивування.

Список літератури

1. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
2. Cavallaro V., Pellegrino A., Muleo R., Forgione I. Light and Plant Growth Regulators on *In Vitro* Proliferation. *Plants*. 2022. 11, 844.
3. Harang A., Kaur S., Shukla A. Seasonal variation in contamination and browning of Acacia nilotica nodal explants *in vitro*. *Journal of Applied and Natural Science*. 2024. Vol. 16, No. 1. P. 102–109.
4. Thakur A., Kanwar J. Micropropagation of 'Wild Pear' Pyrus pyrifolia (Burm F.) Nakai. I. Explant establishment and shoot multiplication. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2008. Vol. 36. DOI: 10.15835/nbha361108.
5. Yue W., Ming Q.L., Lin B., Rahman K., Cheng Z., Han T., Qin L.P. Medicinal plant cell suspension cultures: Pharmaceutical applications and high-yielding strategies for the desired secondary metabolites. *Critical Rev Biotechnol*. 2016. N 36 (2). 1–18.

УДК 581.143.6:633.88:582.923

ОСОБЛИВОСТІ ІНДУКЦІЇ КАЛЮСОГЕНЕЗУ З РІЗНИХ ТИПІВ ЕКСПЛАНТІВ *CENTAURIUM ERYTHRAEA* RAFN. ТА *CENTAURIUM PULCHELLUM* (SW.) DRUCE

Кравченюк Є. Я.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: kravchenyuk@gmail.com

Представники роду *Centaurium* Hill належать до лікарських рослин, які широко використовуються у фармацевтичній промисловості завдяки високому вмісту секоіридоїдів, фенольних сполук та інших біологічно активних речовин (БАР) [1–3]. Зростання попиту на рослинну сировину та скорочення природних популяцій обумовлюють необхідність пошуку альтернативних методів отримання рослинного матеріалу.

Одним із перспективних напрямів є використання біотехнологічних методів, зокрема культури тканин і клітин *in vitro*. Важливим етапом таких досліджень є індукція калюсогенезу, оскільки калюсну тканину використовують для подальшої регенерації рослин, створення клітинних культур та отримання БАР.

Незважаючи на наявність відомостей щодо морфогенезу золототисячника звичайного (*Centaurium erythraea* Rafn.) та золототисячника гарного (*Centaurium pulchellum* (Sw.) Druce) у культурі *in vitro*, питання особливостей формування калюсної тканини від рослин різних видів роду *Centaurium* залишається недостатньо дослідженим [1, 3]. Тому актуальним є визначення оптимальних умов культивування, які забезпечують ефективну індукцію калюсогенезу.

Метою дослідження є підбір складу живильного середовища та умов для індукції калюсогенезу з різних типів експлантів *C. erythraea* та *C. pulchellum*.

Об’єктами дослідження були рослини *C. erythraea* та *C. pulchellum*, введені в асептичну культуру *in vitro*. Для індукції калюсогенезу використовували листкові пластинки, сегменти стебла та коренів.

Експланти культивували на живильному середовищі Мурасіге і Скуга (МС) із додаванням різних концентрацій цитокініну 6-бензиламінопурину (БАП) та ауксину 1-нафтилоцтової кислоти (НОК). Досліджували вплив трьох концентрацій БАП (0,5; 1,0; 2,0 мг/л) та трьох концентрацій НОК (0,1; 0,5; 1,0 мг/л), а також їх дев'яти комбінацій.

Культивування проводили в умовах темряви за температури +22°С та відносної вологості повітря 80 %. Для оцінки впливу умов культивування на процес калюсоутворення спостереження здійснювали упродовж 30 діб.

Ефективність індукції калюсогенезу оцінювали за частотою калюсоутворення, яку визначали як відношення кількості експлантів, що утворили калюс, до загальної кількості висаджених експлантів у перерахунку на %. Додатково аналізували морфологічні характеристики отриманої калюсної тканини.

Перші ознаки калюсогенезу спостерігалися на 7–10 добу культивування. Найшвидше калюс утворювався на листкових експлантах рослин обох досліджених видів. Найвищі показники індукції калюсогенезу в обох видів були відмічені на середовищах із 1,0 мг/л БАП і 0,5 мг/л НОК та 1,0 мг/л БАП і 1,0 мг/л НОК. Частота утворення калюсу у *C. erythraea* на цих варіантах становила відповідно 92,4 % та 94,1 %, тоді як у *C. pulchellum* – 87,3 % та 89,8 % відповідно.

За морфологічними ознаками отримані калюси можна було розділити на два типи. На живильних середовищах із нижчим вмістом ауксину формувався щільний компактний калюс світло-зеленого кольору. Підвищення концентрації НОК до 1,0 мг/л сприяло утворенню пухкого кремово-жовтого калюсу.

Отримані результати свідчать про те, що для обох досліджених видів оптимальним для індукції калюсогенезу серед протестованих варіантів є середовище МС, доповнене 1,0 мг/л БАП та 0,5–1,0 мг/л НОК. Встановлено, що найбільш перспективними для отримання морфогенної калюсної тканини є листкові експланти. Здатність *C. erythraea* до калюсоутворення була дещо вищою, ніж у *C. pulchellum*, що може свідчити про видові особливості регуляції процесів дедиференціації клітин.

Список літератури

1. Piątczak E., Wysokińska H. *In vitro* regeneration of *Centaurium erythraea* Rafn from shoot tips and other seedling explants. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2011. Vol. 72, 4. P. 283–288. https://doi.org/10.5586/asbp.2003.036.
2. Simonović A. D., Trifunović-Momčilov M. M., Filipović B. K., Marković M. P., Bogdanović M. D., Subotić A. R. Somatic Embryogenesis in *Centaurium erythraea* Rafn – Current Status and Perspectives: A Review. *Plants*. 2020. Vol. 10, 1. P. 70. https://doi.org/10.3390/plants10010070.
3. Todorovic S., Giba Z., Simonovic A., Bozic D., Banjanac T., Grubisic D. Manganese effects on *in vitro* development of lesser centaury [*Centaurium pulchellum* (Sw.) Druce]. *Archives of Biological Sciences*. 2009. Vol. 61, no. 2. P. 279–283. https://doi.org/10.2298/abs0902279t.

УДК 581.143.6:633.88:582.998.1

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОТРИМАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬТУРИ *IN VITRO* РОСЛИН РОДУ *ARNICA* L.

Тарас Ю. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: yurataras09@gmail.com

Рослини роду *Arnica* L. є важливими лікарськими видами, які широко використовуються у фармацевтичній промисловості та народній медицині. Найбільш відомим представником роду є *Arnica montana* L. – арніка гірська, яка використовується у фармацевтичній промисловості завдяки високому вмісту біологічно активних речовин (БАР), зокрема сесквітерпенових лактонів, флавоноїдів, фенольних кислот, дубильних речовин, ефірних олій тощо. Ці речовини зумовлюють протизапальні, антибактеріальні, антиоксидантні та ранозагоювальні властивості препаратів, до складу яких входить арніка [2, 3]. Водночас значний попит на рослинну сировину, обмеженість природних ресурсів та скорочення чисельності природних популяцій внаслідок

антропогенного впливу спричинюють необхідність розроблення альтернативних способів збереження та відтворення представників цього роду. У зв'язку з цим, особливої актуальності набувають біотехнологічні методи культивування рослинних клітин, тканин та органів *in vitro*, які відкривають широкі можливості для збереження генофонду, масового розмноження цінних генотипів та отримання БАР.

Культура *in vitro* є одним із найважливіших інструментів сучасної біотехнології рослин. Використання технологій *in vitro* дозволяє значно прискорити процес розмноження рослин і забезпечити отримання великої кількості генетично однорідного посадкового матеріалу [1].

Першим етапом отримання культури *in vitro* є введення рослинного матеріалу в асептичні умови. Як вихідні експланти використовують насіння, апікальні та пазушні бруньки, сегменти пагонів, листків, коренів або суцвіть. Успішність культивування значною мірою залежить від ефективності стерилізації рослинного матеріалу, оскільки контамінація бактеріями та грибами є однією з основних проблем культури тканин. Для поверхневої стерилізації зазвичай використовують розчини етанолу, гіпохлориту натрію, перекису водню або інших дезінфікуючих агентів із подальшим багаторазовим промиванням стерильною водою. Для введення в культуру *in vitro* нами використано насіння *A. montana*. Під час відпрацювання режиму стерилізації оптимальною виявилася обробка 15 %-м розчином H_2O_2 протягом 20 хв, що забезпечувала ефективність стерилізації 99 %. Результати досліджень засвідчили, що насіння найкраще проростає за освітлення. Ефективною для проростання насіння є холодова стратифікація при +5–7 °С упродовж 1,5–2 місяців у поєднанні з передпосівною обробкою розчином гібереловою кислотою ($ГК_3$) (1000 мг/л). Після стерилізації експланти переносять на живильне середовище. Найчастіше для культивування представників роду *Arnica* використовують середовище Мурасіге і Скуга (МС).

Одним із найбільш ефективних біотехнологічних підходів, який можна використати для розмноження *A. montana*, є мікроклональне розмноження. Ця технологія ґрунтується на

активації меристематичних тканин та індукції утворення численних пагонів під впливом регуляторів росту рослин. На етапі ризогенезу використовують ауксини, зокрема індолілмасляну або 1-нафтилоцтову кислоту (НОК), які сприяють формуванню кореневої системи. Найоптимальнішим із протестованих нами живильних середовищ для мікроклонального розмноження *A. montana* виявилося середовище Мурасіге, Скуга (МС) із зменшеними вдвічі концентраціями макро- та мікросолей (МС/2), доповнене 0,2 мг/л індолил-3-оцтової кислоти, 0,5 мг/л ГК$_3$ та 0,1 мг/л НОК. Отримані рослини-регенеранти після адаптації до умов *ex vitro* можуть успішно використовуватися для створення плантацій або реінтродукції в природні місця зростання.

Важливим напрямом досліджень є індукція калюсогенезу. Для отримання калюсних культур *A. montana* використовують листкові, кореневі або стеблові експланти, які культивують на живильних середовищах із додаванням ауксинів у поєднанні з цитокінінами. Калюсні культури є зручним об'єктом для вивчення фізіологічних і біохімічних процесів, дослідження морфогенетичного потенціалу клітин та аналізу впливу різних факторів середовища на ріст рослинних тканин. Нами встановлено, що найвищий відсоток калюсогенезу для всіх типів експлантів *A. montana* був на середовищі МС із 0,1 мг/л 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти (2,4-Д); зі зростанням концентрації ауксину цей показник зменшувався.

У результаті нами отримані калюсні тканини пухкого типу, які ми використали для формування клітинних суспензій, які здебільшого характеризуються високою швидкістю росту клітин та можливістю масштабування процесу культивування. Ріст суспензійної культури *A. montana* відбувався на рідкому живильному середовищі МС/2, доповненому 0,1 мг/л 2,4-Д;

Особливе значення мають культури *in vitro* від рослин роду *Arnica* як джерело БАР. Нами встановлено, що калюсні культури здатні синтезувати речовини, характерні для інтактних рослин, зокрема флавоноїди та фенольні кислоти. Вміст цих сполук залежав від складу живильного середовища, умов культивування, освітлення, температурного режиму. Відомо, що контрольований синтез БАР у культурі *in vitro* відкриває перспективи створення

альтернативних джерел фармацевтичної сировини та зменшення навантаження на природні популяції лікарських рослин [2, 3].

Отже, біотехнологічні підходи до отримання та дослідження культури *in vitro* рослин роду *Arnica* включають: введення експлантів у стерильну культуру, мікроклональне розмноження, індукцію калюсогенезу, отримання калюсних та суспензійних культур, а також дослідження вторинного метаболізму рослинного матеріалу. Використання цих технологій дозволить не лише зберігати рідкісні види та отримувати значну кількість посадкового матеріалу, а й створює перспективи отримання цінних БАР. Подальший розвиток біотехнологічних досліджень сприятиме більш ефективному використанню потенціалу представників роду *Arnica* у фармацевтичній, біотехнологічній та природоохоронній сферах.

Список літератури

1. Тарас Ю. М., Сорока О. В., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Особливості культивування *in vitro* видів роду *Arnica* L. флори України. *Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія.* 2025. Т. 85, № 4. С. 6–12. https://doi.org/10.25128/2078-2357.25.4.1
2. Krauze-Baranowska M., Kimel K. *Arnica montana* and its medicinal value in the light of scientific research. *Farmacja Polska*. 2022. Vol. 78, No. 9. P. 491–502. https://doi.org/10.32383/farmpol/156952
3. Nieto-Trujillo A., Cruz-Sosa F., Luria-Pérez R., et al. *Arnica montana* Cell Culture Establishment, and Assessment of Its Cytotoxic, Antibacterial, α-Amylase Inhibitor, and Antioxidant *In Vitro* Bioactivities. *Plants*. 2021. Vol. 10, No 11. https://doi.org/10.3390/plants10112300

УДК 631.46:631.811:631.147

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ТА ОРГАНІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У ЗНИЖЕННІ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТІВ РІЗНОГО СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

[1]Щерба С. І., [1]Колісник Х. М., [2]Бойко Д. А., [1]Грицак Л. Р.

[1]Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

[2]Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені Степана Ґжицького

E-mail: hrytsak1972@gmail.com

Погіршення стану ґрунтів є однією з основних екологічних проблем урбанізованих територій. Розвиток промисловості, транспорту та будівництва спричиняє накопичення у ґрунтах забруднювальних речовин. Це призводить до зниження родючості ґрунтів, порушення функціонування екосистем і підвищення ризику для здоров'я людини через накопичення токсичних сполук у харчових ланцюгах. Тому важливим завданням сьогодення є розроблення та впровадження ефективних способів очищення ґрунтів і відновлення їх екологічних властивостей [2].

Біотехнологічні підходи, зокрема біоремедіація та фіторемедіація, є ефективними методами відновлення забруднених ґрунтів, оскільки передбачають використання мікроорганізмів і рослин для деградації або акумуляції полютантів. В умовах інтенсивного антропогенного навантаження ці методи набувають особливої актуальності для ремедіації деградованих екосистем [3]. Мікробна біоремедіація має низку переваг, оскільки ґрунтується на природних процесах очищення та характеризується відносно низькою вартістю порівняно з іншими методами ремедіації. Вона може здійснюватися як *in situ*, так і *ex situ*. На відміну від технологій, які лише переміщують забруднювачі, біоремедіація забезпечує їх деградацію, особливо органічних токсикантів. Завдяки ферментативній активності мікроорганізми здатні трансформувати забруднювачі у нетоксичні або менш токсичні сполуки [5]. Враховуючи вище зазначене, метою нашої роботи було оцінити ефективність використання

препаратів органічного та біологічного походження для зменшення ступеня фітотоксичності ґрунтів.

Для оцінювання токсичності було відібрано зразки ґрунту з п'яти територій, що відрізнялися особливостями антропогенного впливу, зокрема, №1 ділянка біля СТО (с. Забойки, Тернопільського району); №2 ділянка біля сміттєзвалища (с. Забойки, Тернопільського району); №3 ділянка біля птахофабрики (с. Забойки, Тернопільського району); №4 ділянка біля траси (с. Підгороднє, Тернопільського району); №5 ділянка біля закинутого сміттєзвалища (с. Драганівка, Тернопільського району). Швидким і надійним методом оцінки токсичності середовища, що відображає дію біодоступних забруднювачів і підходить для експрес-аналізу екологічного стану, є використання насіння та проростків рослин як тест-об'єктів. Як модельний об'єкт застосовували редис посівний (*Raphanus sativus* L.) завдяки його високій чутливості до ксенобіотиків і стабільній схожості. Редис рекомендований стандартом ISO 11269-2:2012 (2012) як стандартний тест-об'єкт для оцінки фітотоксичності ґрунту [4].

Для дослідження здатності до зниження токсичності ґрунтів застосовували препарати органічного та біологічного походження, а саме: «Trevitan®» (5 мл/л), Триходермін (3 г/л) і Міковітал (1 мл/л). Оцінку показників проростання насіння та морфометричних параметрів проводили на 4 добу. Контрольний варіант обробляли дистильованою водою.

Результати досліджень показали позитивний вплив використаних нами препаратів на покращення властивостей ґрунтів. Однак, виявлено відмінності у показниках схожості насіння та морфометричних параметрах рослин залежно від зразку ґрунту, на якому здійснювали культивування. Зокрема, у першому зразку ґрунту (ділянка № 1, біля СТО) показники схожості насіння виявились найкращими за обробки препаратами «Міковітал» (45,57%) і Trevitan® (41,63%). Можливо, такий ефект зумовлений тим, що на території СТО ґрунт зазвичай забруднений нафтопродуктами, мастилами та важкими металами, а зазначені препарати виявились дієвими, оскільки компоненти «Міковіталу» сприяють розвитку корисних мікроорганізмів, які розкладають вуглеводні та знижують фітотоксичність нафтопродуктів, а

Trevitan®, окрім активації розвитку корисної мкрабіоти, покращує біодоступність макро- та мікроелементів, що сприяє росту рослин [1, 3]. Це пояснює кращі показники морфометричних промірів рослин-індикаторів на варіанті, який було оброблено рекультивантом Trevitan®, зокрема, довжина коренів переважала контроль на 15,72%, а довжина пагона на 11,14%. Разом з цим, результат обробки препаратом Trevitan® виявився негативним у зразку №3 (ділянка біля птахофабрики), що вказує на неефективність застосування цього препарату в умовах значного органічного та амонійного забруднення.

Водночас показники схожості насіння виявились найкращими у зразку № 2 за умови обробки Триходерміном (53,13%). Обробка зразків ґрунту №3, №4 та №5 розчином грибів роду *Trichoderma* також покращувала схожість насіння та морфометричні параметри рослин. Зокрема, ріст коренів у 5 зразку переважав контроль у 1,77 рази, а у ґрунті №2 – у 2,01 раза. Такі відмінності у ростових показниках, ймовірно, зумовлені детоксикаційною дією мікроорганізмів роду *Trichoderma*, оскільки у ґрунтах біля сміттєзвалищ та птахофабрик часто спостерігається надлишок органічних відходів, підвищена концентрація амонійного азоту та патогенна мікробіота. Препарат Триходермін має здатність активувати розкладання та мінералізацію органічних решток, а також пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів [1, 3]. Однак, у зразку № 1 (ділянка СТО) цей препарат виявився неефективним, оскільки ростові параметри тест-рослини та схожість насіння були майже удвічі меншими, ніж у контролі. Це може вказувати на пригнічення розвитку мікроорганізмів роду *Trichoderma* у середовищі з високим вмістом нафтопродуктів та важких металів.

Отже, результати проведених досліджень підтверджують ефективність біологічних і органічних препаратів у зниженні фітотоксичності ґрунтів та їх перспективність для відновлення деградованих екосистем. При цьому, вибір засобу для покращення властивостей ґрунту залежить від механізму дії препарату та типу деградації ґрунту. Так, гриби роду *Trichoderma* виявились дієвими на зразках з високим органічним забрудненням, а Міковітал і Trevitan® сприяли відновленню ґрунту із високим вмістом

нафтопродуктів.

Список літератури

1. Дзендзель А. Ю., Пида С. В. Рекультивант композиційний Trevitan™ – новий комплексний препарат для швидкої регенерації ґрунту. *Освітні та наукові виміри природничих наук : зб. матеріалів II Всеукр. заоч. наук. конф. (м. Суми, 8 грудня 2021 р.).* Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2021. С. 51–53.
2. Кочмар І. М., Левинська Х. В. Оцінка екологічного стану ґрунтів урбоекосистеми міста Городок Львівської області. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.* 2024. № 30. С. 17–25. DOI: 10.32447/20784643.30.2024.02.
3. Накемпій О. К. Використання біотехнологій у зниженні техногенного забруднення ґрунтів. *Проблеми охорони праці в Україні.* 2025. Вип. 41, № 3–4. С. 92–96.
4. Leliushok S., Naumovska O., Moldovan L. Unauthorised landfills as a source of soil contamination with heavy metals: phytotoxic aspect. *Bioscience*. 2025. Vol. 16, No. 3. P. 42–61.
5. Mokrani S., Houali K., Yadav K. K., Arabi A. I. A., Eltayeb L. B., Alreshidi M. A., Benguerua Y., Cabral-Pinto M. M. S., Nabti E.-H. Bioremediation techniques for soil organic pollution: mechanisms, microorganisms, and technologies A comprehensive review. *Ecological Engineering*. 2024. Vol. 207. Art. 107338.

УДК 577.21:581.1:551.58

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Старанчук В. С., Федорчак Д. А., Мохнацький О. С., Грицак Л. Р.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

E-mail: lerastaranchuk@gmail.com

Сучасні кліматичні зміни є одним із ключових викликів для сільського господарства, оскільки супроводжуються підвищенням середньорічних температур, зміною режимів опадів і збільшенням

частоти екстремальних погодних явищ. Це призводить до посилення дії абіотичних стресових факторів, зокрема водного дефіциту, високих температур та осмотичного стресу, які суттєво знижують життєздатність і продуктивність рослин. В умовах нестабільного зволоження та зростаючого температурного навантаження особливого значення набуває пошук ефективних підходів до підтримання водного балансу, стабільності фотосинтетичного апарату та функціонування антиоксидантної системи рослин. За даними Всесвітньої метеорологічної організації, 2024 рік став найтеплішим за весь період інструментальних спостережень, що підтверджує тенденцію до глобального потепління [4]. Аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що підвищення температури та дефіцит вологи негативно впливають на врожайність основних сільськогосподарських культур, зокрема пшениці, кукурудзи та рису, зумовлюючи необхідність впровадження інноваційних адаптаційних стратегій [3, 5].

У зв'язку з цим біотехнологічні підходи набувають особливої актуальності як інструмент підвищення стійкості рослин до несприятливих умов довкілля. До таких підходів належать використання регуляторів росту, мікробних інокулянтів, мікоризних асоціацій, а також методи клітинної селекції та генетичної інженерії. Важливою перевагою біотехнологічних методів є їх здатність забезпечувати комплексний вплив на фізіологічні та біохімічні процеси рослин, сприяючи формуванню адаптивних реакцій на рівні клітини, тканини та організму в цілому.

Метою дослідження є узагальнення сучасних біотехнологічних підходів до підвищення стійкості рослин до кліматичних змін і визначення найбільш перспективних напрямів їх практичного застосування. Як модельний об'єкт обрано пшеницю м'яку озиму (*Triticum aestivum* L.) сорту Подолянка, яка є однією з провідних продовольчих культур і водночас чутливою до абіотичних стресів. Для оцінювання потенціалу біологічної підтримки рослин розглянуто використання ризосферних бактерій *Bacillus subtilis*, арбускулярно-мікоризного гриба *Rhizophagus irregularis*, а також їх комбінованого застосування. Аналіз

ефективності проводився за оцінкою схожості насіння, морфометричних параметрів рослин, а також динаміки вмісту фотосинтетичних пігментів, малонового діальдегіду, показників водного режиму за росту в умовах водного дефіциту, температурного та осмотичного стресу.

Згідно з літературними даними, ризосферні бактерії, зокрема *Bacillus subtilis*, здатні стимулювати ріст рослин шляхом синтезу фітогормонів, мобілізації поживних речовин і індукції системної стійкості [1]. Вони також сприяють зниженню рівня оксидативного стресу шляхом активації антиоксидантних ферментів. Арбускулярно-мікоризні гриби, такі як *Rhizophagus irregularis*, формують симбіотичні асоціації з кореневою системою рослин, що забезпечує покращене поглинання води та фосфору, стабілізацію фотосинтетичних процесів і підвищення толерантності до посухи та засолення [2]. Комбіноване використання бактеріальних і мікоризних агентів розглядається як перспективний підхід до формування комплексної стійкості рослин до абіотичних стресів.

Результати дослідження показали, що за умов водного дефіциту найбільш ефективним є комбіноване застосування *Bacillus subtilis* і *Rhizophagus irregularis*. У цьому варіанті довжина кореня зберігалася на рівні 89,4 % від контролю, а довжина пагона – 86,7 %. Сумарний вміст хлорофілів становив 1,70 мг/г порівняно з 1,15 мг/г у стрес-контролі, що свідчить про підтримання фотосинтетичної активності. Водночас рівень малонового діальдегіду, який є маркером пероксидного окиснення ліпідів і пошкодження клітинних мембран, знижувався до 9,2 нмоль/г проти 15,9 нмоль/г у контрольному варіанті, що відповідає зменшенню ступеня мембранного пошкодження на 42,1 %.

За умов температурного стресу комбінована обробка також продемонструвала високу ефективність: схожість насіння становила 87 %, довжина кореня – 70 мм, довжина пагона – 89 мм, а вміст хлорофілів – 1,45 мг/г. Інтегральний індекс стійкості досягав 0,85, що значно перевищує показники стрес-контролю. Порівняно з ним довжина кореня збільшувалася на 40,0 %, довжина пагона – на 43,5 %, тоді як рівень малонового діальдегіду зменшувався на 40,6 %, що свідчить про ефективний захист

клітинних структур від термічного пошкодження.

За осмотичного стресу, змодельованого додаванням NaCl, комбінований варіант забезпечував схожість 86 %, відносний вміст води – 76 %, сумарний вміст хлорофілів – 1,48 мг/г та індекс стійкості – 0,84. Отримані результати підтверджують, що поєднання бактеріальних і мікоризних агентів забезпечує більш виражений позитивний ефект порівняно з їх окремим застосуванням, що зумовлено синергією їх дії на різні ланки фізіологічних процесів рослин.

Таким чином, у роботі обґрунтовано, що комплексне використання мікробним препаратів на основі *Bacillus subtilis* і *Rhizophagus irregularis* є ефективним біотехнологічним підходом до підвищення адаптивного потенціалу рослин в умовах кліматично зумовлених абіотичних стресів. Застосування таких біологічних агентів сприяє стабілізації водного режиму, підтриманню фотосинтетичної активності та зниженню рівня оксидативного стресу, що в цілому забезпечує підвищення стійкості рослин. Такий підхід може бути корисним для передпосівної біологічної обробки насіння, удосконалення системи кліматично орієнтованого рослинництва та подальших експериментальних перевірок у лабораторних, тепличних і польових умовах.

Список літератури

1. Backer R., Rokem J. S., Ilangumaran G., Lamont J., Praslickova D., Ricci E., Subramanian S., Smith D. L. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 1473. DOI: 10.3389/fpls.2018.01473.
2. Begum N., Qin C., Ahanger M. A., Raza S., Khan M. I., Ashraf M., Ahmed N., Zhang L. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. Article 1068. DOI: 10.3389/fpls.2019.01068.
3. Lobell D. B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. *Science.* 2011. Vol. 333, No. 6042. P. 616–620. DOI: 10.1126/science.1204531.

4. World Meteorological Organization. State of the Global Climate 2024. Geneva : WMO, 2025.
5. Zhao C., Liu B., Piao S., Wang X., Lobell D. B., Huang Y., Asseng S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2017. Vol. 114, No. 35. P. 9326–9331. DOI: 10.1073/pnas.1701762114.

УДК 581.143.6:582.683.2:581.522.4

ОСОБЛИВОСТІ ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* РІДКІСНОГО ВИСОКОГІРНОГО КАРПАТСЬКОГО ВИДУ *PRIMULA MINIMA* L.

Гончарська М. С., Метельська І. С., Грицак Л. Р., Колісник Х. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: hrytsak1972@gmail.com

Вивчення реліктових рослинних видів, які є важливою складовою генофонду природної флори західного регіону, має значну наукову та практичну цінність. Через погіршення екологічного стану довкілля та зростання антропогенного навантаження на природні фітоценози посилюється ризик зникнення окремих популяцій і зменшення чисельності багатьох видів, насамперед реліктових і тих, що знаходяться на межі свого ареалу. Такі процеси негативно впливають на стабільність і функціонування природних екосистем. Серед рідкісних декоративних рослин особливу увагу привертає *Primula minima* L. – первоцвіт дрібний. Це високогірний альпійський вид, поширений у Центральній і Південній Європі, переважно в межах альпійського та субальпійського поясів. Рослина існує в екстремальних кліматичних умовах, що сприяло формуванню у неї специфічних адаптивних механізмів. Завдяки цим особливостям *P. minima* вважають важливим індикатором стану високогірних екосистем, оскільки зміни у чисельності та життєздатності його популяцій можуть відображати трансформації навколишнього середовища під впливом

природних і антропогенних факторів [1, 2, 4].

Основними загрозами для цього виду є розвиток високогірного туризму, випас худоби та неконтрольоване збирання рослин. Рекреаційне навантаження спричиняє деградацію ґрунтів, руйнування мікробіотопів і пошкодження рослин, а випасання худоби посилює антропогенний вплив і ускладнює відновлення популяцій. Через низьку чисельність виду навіть незначне збирання рослин є небезпечним для його існування. Перспективним методом збереження рідкісних рослин є введення їх у культуру *in vitro*. Такий підхід дає змогу зберігати природні популяції, отримувати життєздатні експланти та забезпечувати стабільне розмноження рослин із низькою схожістю насіння або слабкою здатністю до вегетативного відтворення [1, 5]. Представники роду *Primula* характеризуються низькою природною схожістю насіння без стратифікації та застосування стимуляторів проростання, що значно ускладнює природне відновлення популяцій [3].

Мета нашої роботи полягала у введенні в культуру *in vitro* виду *P. minima* та підбір умов для вегетативного і мікроклонального розмноження рослин.

Введення *P. minima* у культуру *in vitro* включало два основні етапи: 1) дослідження проростання насіння та отримання стерильних проростків; 2) підбір умов для вегетативного й мікроклонального розмноження та росту рослин *in vitro*. Для одержання асептичних проростків насіння *P. minima* стерилізували у 5%-ному розчині H_2O_2 протягом 1 години. Попередньо насіння обробляли детергентом упродовж 30 хвилин, промивали проточною та дистильованою водою, після чого замочували в розчині гіберелової кислоти ($ГК_3$) концентрацією 100 мг/л і 1000 мг/л на 18–20 годин. Далі проводили поверхневу стерилізацію 96%-ним етанолом протягом 10 секунд і повторне промивання стерильною дистильованою водою. Простерилізоване насіння висаджували у чашки Петрі на агаризоване живильне середовище МС без додавання фітогормонів. Пророщування здійснювали за температури +18…+20 °С, вологості 80 % та освітлення інтенсивністю 460 мкмоль/(м²·с).

Для підбору умов вегетативного розмноження

використовували асептичні 1,5–2-місячні рослини *P. minima*, отримані з насіння. Живці довжиною 15–20 мм культивували на рідких живильних середовищах МС/2 та модифікованому МС/2мод., доповнених 0,1 мг/л кінетину. Для стимуляції інтеркалярного росту застосовували $ГК_3$. Для мікроклонального розмноження використовували живці 2–3-місячних рослин. У кожному варіанті тестували 11–12 живців. Ефективність розмноження оцінювали через 1–2 місяці за кількістю утворених мікроклонів. Усі досліди проводили у триразовій повторності.

У результаті досліджень встановлено, що оптимальним методом стерилізації насіння *P. minima* є обробка 5%-ним розчином H_2O_2 протягом 1 години з подальшим промиванням стерильною дистильованою водою. Ефективність стерилізації при цьому становила 97–99 %. Виявлено, що насіння *P. minima* здатне проростати одразу після збору. Перші проростки з'являлися на 10-й день після висіву. У вересні–жовтні проростало 32,7 % насіння, тоді як у листопаді–січні проростання не спостерігалося. Повторне підвищення схожості відзначали у квітні (28,3 %), а максимальні показники (85–90 %) – у травні–червні. Передпосівне замочування свіжозібраного насіння у розчині $ГК_3$ концентрацією 1000 мг/л підвищувало схожість до 95 %. Під час дослідження вегетативного розмноження тестували середовища МС/2 без сахарози, доповнені індолілоцтовою кислотою (ІОК), $ГК_3$ та різними концентраціями кінетину. Найефективніше розмноження спостерігалося на середовищі з 0,5 мг/л ІОК, 0,5 мг/л $ГК_3$ та 0,05 мг/л кінетину. Підвищення концентрації $ГК_3$ до 1,0 мг/л і додавання 1-нафтилоцтова кислота (НОК) пригнічувало ріст та викликало морфологічні аномалії.

Мікроклональне розмноження значною мірою залежить від типу експланта, складу живильного середовища та умов культивування, при цьому ключову роль відіграють фітогормони. У дослідах із *P. minima* на середовищі МС/2, модифікованому різними комбінаціями 6-бензиламінопурином (БАП), НОК, ІОК, $ГК_3$ та кінетину, встановлено оптимальний варіант: 0,2 мг/л ІОК, 0,7 мг/л $ГК_3$, 0,03 мг/л кінетину та 0,01 мг/л БАП. За цих умов утворювалося в середньому 2,3 мікроклони на один живець.

Отже, підібрано умови для отримання та мікроклонального

розмноження рослин виду *P. minima.* Підтверджено, що насіння *P. minima* здатне проростати одразу після збору, а найефективнішою стерилізацією є обробка 5%-ним розчином H_2O_2 протягом 1 години (ефективність 97–99%). Також встановлено, що найкращі результати вегетативного розмноження досягаються на середовищі МС/2 з додаванням 0,5 мг/л ІОК, 0,5 мг/л ГК$_3$ та 0,05 мг/л кінетину.

Список літератури

1. Baskin C. C., Baskin J. M. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. *2nd ed. San Diego: Academic Press*. 2014. 1586 p.
2. Kozak O., Didukh Y. Assessment of mountain ecosystems changes under anthropogenic pressure in Latorica river basin (Transcarpathian region, Ukraine). *Ekologia*. 2014. Vol. 33, No. 4. -P. 365–379.
3. Peng D.-L., Yang L.-E., Yang J., Li Z.-M. Seed dormancy and soil seed bank of the two alpine Primula species in the Hengduan Mountains of Southwest China. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. Art. 582536. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2021.582536
4. Shimono Y., Kudo G. Germination requirements of alpine Primula species. *Plant Species Biology*. 2005. Vol. 20, Issue 1. P. 3–15. https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2005.00127.x
5. Yue W., Ming Q.L., Lin B., Rahman K., Cheng Z., Han T., Qin L.P. Medicinal plant cell suspension cultures: Pharmaceutical applications and high-yielding strategies for the desired secondary metabolites. *Critical Rev Biotechnol*. 2016. N 36 (2). 1–18.

УДК 581.14:581.19

ОЦІНКА ВПЛИВУ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ РОСЛИН *IN VITRO* РІДКІСНОГО ВИДУ *GENTIANA ACAULIS* L.

Метельська І. С., Колісник Х. М., Грицак Л. Р.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: irametelska020@gmail.com

Ріст і розвиток рослин є складними фізіолого-біохімічними процесами, що значною мірою залежать від ендогенних регуляторів та зовнішніх чинників середовища. Одним із перспективних напрямів сучасної фізіології рослин є використання стимуляторів росту, які здатні модулювати метаболічні процеси, підвищувати адаптивний потенціал рослин і сприяти їхньому розвитку в стресових умовах.

Особливої уваги потребують рідкісні та зникаючі види рослин, зокрема представники роду *Gentiana* L., які мають високу природоохоронну цінність. *Gentiana acaulis* L. характеризується обмеженим ареалом та чутливістю до змін екологічних умов, що зумовлює необхідність пошуку ефективних підходів до підтримання його росту та життєздатності в умовах *in situ* та збереження його генофонду в умовах *in vitro*.

Згідно з даними численних досліджень, ефективність мікроклонального розмноження рослин родини Gentianaceae значною мірою визначається типом живильного середовища та балансом регуляторів росту. Так, встановлено, що використання середовищ MS або їх модифікацій із додаванням цитокінінів (6-БАП, кінетин, тидиазурон) сприяє інтенсивному утворенню пагонів та збільшенню кількості мікроклонів [2, 3]. У роботах із культивування *G. acaulis* показано, що оптимальними для мікроклонального розмноження є середовища з поєднанням цитокінінів і невеликих концентрацій ауксинів, зокрема 6-БАП і НОК, що забезпечує активне пагоноутворення та розвиток кореневої системи [1]. Подібні результати отримано і для інших видів роду *Gentiana* (*G. lutea*, *G. scabra*, *G. punctata*), де було встановлено, що цитокінін-індуковані середовища підвищують

коефіцієнт розмноження до 2–5 разів залежно від генотипу [2].

Через високу вартість синтетичних фітогормонів (ІОК, НОК, ІМК тощо), у останні роки дослідники зосередили свою увагу на пошуку альтернативних, більш доступних стимуляторів росту природного походження та органо-мінеральних комплексів, здатні частково замінювати синтетичні фітогормони у регуляції морфогенезу рослин [4]. Бурштинова кислота та інші органічні біостимулятори розглядаються як універсальні регулятори метаболізму. Вони активують дихальні процеси, підвищують інтенсивність фотосинтезу та сприяють стресостійкості рослин. У ряді досліджень відзначено їх позитивний вплив на морфогенез і приріст біомаси в умовах *in vitro* у лікарських рослин, що узгоджується з результатами дослідів на інших культурах. Використання комплексних органо-мінеральних препаратів гумінової природи, таких як TREVITAN®, розглядається як перспективний напрям біотехнології рослин. Подібні препарати здатні впливати на проникність клітинних мембран, активність ферментних систем та інтенсивність клітинного поділу, що проявляється у прискоренні росту та формуванні більшої листкової поверхні.

Виходячи із вище зазначеного, метою нашої роботи було дослідження впливу різних стимуляторів на морфогенез рослин *G. acaulis*.

Для реалізації цієї мети асептичні рослини *G. acaulis* культивували на середовищі МС/2 без регуляторів росту (контроль) та із додаванням: рекультиванту композиційний TREVITAN® у концентрації 0,1 мл/л (варіант 1), бурштинової кислоти – 100 мг/л (варіант 2) та нафтилоцтової кислот (НОК) – 0,01 мг/ 100 мл (варіант 3). Тривалість культивування рослин *in vitro* становила 60 діб. Ефективність впливу стимуляторів росту оцінювали за появою нових листків, приростом рослин у висоту та довжиною листків Статистичну обробку результатів проводили за середніми значеннями морфометричних показників з використанням стандартних методів варіаційної статистики у програмі *Excel*.

Результати досліджень показали, що за культивування *G. acaulis* на живильному середовищі з додаванням препарату

TREVITAN® приріст кількості листків становив 68 %, порівняно із контролем, тоді як за використання бурштинової кислоти — 28 %, а на середовищі з НОК — 40 %. Більш інтенсивне формування листків у варіанті з TREVITAN® свідчить про виражений стимулювальний вплив препарату на процеси морфогенезу. Аналіз динаміки утворення нових листків показав, що їх поява у всіх дослідних варіантах відбувалася з інтервалом у кілька днів, однак інтенсивність листкоутворення істотно залежала від застосованого стимулятора росту.

Результати аналізу морфометричних параметрів показали, що у варіанті з використанням TREVITAN® середня приріст рослин становив 10 мм, а довжина листків — 1,5 см. За застосування бурштинової кислоти довжина рослин залишалася на аналогічному рівні (10 мм), проте середня довжина листків збільшувалася до 2 см. Найбільш виражений позитивний вплив на лінійний ріст відзначено у варіанті з НОК: довжина рослин досягала 14 мм, а середня довжина листків — 2,5 см, що свідчить про підвищення інтенсивності ростових процесів за дії цього регулятора.

Однак, ініціювання появи нових листків завжди вказує на високу активність меристематичних тканин. Тому, отримані результати вказують на вищу ефективність препарату TREVITAN® щодо індукції органогенезу. Водночас бурштинова кислота та НОК також сприяли листкоутворенню, однак їх ефективність була нижчою, що свідчить про специфічність фізіологічної дії кожного з досліджуваних чинників.

Отже, для культивування рослин *in vitro* виду *G. acaulis* найбільш ефективним щодо індукції органогенезу та формування листків є доповнення живильного середовища MS/2 композиційним препаратом TREVITAN® у концентрації 0,1 мл/л. Водночас найбільш інтенсивний загальний ріст рослин (за показниками довжини пагонів і листків) спостерігався у варіанті з використанням НОК.

Список літератури

1. Майорова О. Ю., Грицак Л. Р., Мазур Д. С. та ін. Мікроклональне розмноження *Gentiana acaulis* L. in vitro.

Фактори експериментальної еволюції організмів. 2023. № 33. С. 120–128.
2. Drobyk N.M., Grytsak L.R., Mel'nyk V.M., Kravets N.B., Konvalyuk I.I., Twardovska M.O., Kunakh V.A. *In vitro* Manipulation and Propagation of *Gentiana* L. Species from the Ukrainian Flora. *The Gentianaceae. Vol. 2. Biotechnology and Applications*. Springer, 2015. P. 45–79.
3. Petrova M. I., Zayova E. G. Dimitrova L. I., Geneva M. P., Miladinova-Georgieva K. D. Micropropagation studies of *Gentiana lutea* L. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*. 2019. Vol. 18 №. 3. С. 71-79.
4. Prisa D., Matsoukis A., Jamal A., Spagnuolo D. Environmental Impacts of Plant Growth Regulators in Modern Agriculture: Advances, Risks, and Sustainable Perspectives. *Agrochemicals*. 2026; 5(1):14.

УДК 582.998.1:57.085.2

РОЗРОБКА ПІДХОДІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИН ВИДУ *ASTER ALPINUS* L. В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

Бурин С. Р., Сорока О. В., Прокоп'як М. З., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: svyrom123@gmail.com

Серед видів перспективних для введення в культуру *in vitro*, з метою збереження генофонду та отримання біологічно активної рослинної сировини, важливе місце займає айстра альпійська *(Aster alpinus* L.) – багаторічна трав'яниста рослина, поширена у високогірних та середньогірних районах, зокрема в Українських Карпатах. Введення цього виду в культуру *in vitro* дозволяє зменшити антропогенний тиск на природні популяції та отримати достатню кількість вихідного рослинного матеріалу для подальших фізіолого-біохімічних і біотехнологічних досліджень.

Відомо, що успіх введення рослинних об'єктів у культуру *in vitro* значною мірою залежить від ефективності поверхневої стерилізації експланту, яка має забезпечити повне знищення мікрофлори на поверхні насіння без втрати його життєздатності

[2]. Метою дослідження було розроблення підходу до стерилізації насіння *A. alpinus* з наступним отриманням асептичного вихідного матеріалу для культивування *in vitro*.

Матеріалом слугувало насіння *A. alpinus*, зібране на території Кременецького ботанічного саду (м. Кременець) у 2024 році. Для отримання асептичних проростків насіння стерилізували за схемою, що включала такі етапи: попередня обробка розчином $KMnO_4$ протягом 20 хв; обробка розчином детергенту протягом 30 хв; промивання проточною водою 30 хв; 2-кратне промивання дистильованою водою; поверхнева стерилізація 96 % етанолом протягом 10 с; витримка у 15 %-ому розчині H_2O_2; 2–3-кратне промивання стерильною дистильованою водою. Насіння пророщували за температури +22–25°C [1].

Для стимулювання проростання насіння *A. alpinus* застосовано модифікований підхід: до розчину, у якому замочували насіння, додавали «Рекультивант композиційний Trevitan®» або бурштинову кислоту у співвідношенні 1:1.

Простерилізований насіннєвий матеріал висаджували на живильне агаризоване середовище Мурасіге-Скуга (МС) [3] з половинним вмістом макро- і мікросолей (МС/2) без регуляторів росту та культивували в контрольованих умовах.

За результатами спостережень, упродовж двох тижнів культивування встановлено, що застосована схема поверхневої стерилізації забезпечила повну відсутність бактеріальної та грибної контамінації на живильному середовищі. Це свідчить про ефективність обраного підходу до стерилізації для отримання асептичної культури насіння *A. alpinus.*

Нами встановлено ефективність розробленої схеми поверхневої стерилізації насіння *A. alpinus* в умовах культури *in vitro,* виявлено стимулюючий вплив «Рекультиванту композиційного Trevitan®» і бурштинової кислоти на схожість насіння.

Список літератури

1. 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.
2. Agud E., Laslo V., Zăpârțan M., Oneț A. Study of *in vitro* regeneration and multiplication capacity of *Aster alpinus* L, with the purpose of *ex situ* conservation of the biological and ornamental value of the species. *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Protecţia Mediului*. 2016. Vol. 27. P. 181–188. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20173122038
3. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol. 15. P. 473-497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

УДК 581.143.6:582.998.1:57.086.83

ОТРИМАННЯ КАЛЮСНИХ КУЛЬТУР РОСЛИН ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L.

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

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: soroka-o@tnpu.edu.ua

Види роду *Carlina* L. є перспективними лікарськими рослинами завдяки вмісту біологічно активних речовин (БАР). На території України поширені такі види: відкасник татарниколистий або дев'ятисил татарниколистий *(Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawł), відкасник осотоподібний або дев'ятисил осотовий (*Carlina cirsioides* Klokov), відкасник безстебловий або дев'ятисил безстебловий (*Carlina acaulis* L.). У підземних та надземних органах видів роду *Carlina* виявлено ефірні олії, флавоноїди, сапоніни, поліацетиленові сполуки, терпеноїди та інші вторинні метаболіти. У численних дослідженнях представлено перспективність використання рослинної сировини відкасників у фармацевтичній та косметичній галузях [3, 4].

Активне використання рослин з природних популяцій відкасників як лікарської сировини, а також вузька екологічна пластичність видів призводять до скорочення їх чисельності. Відтак, *C. onopordifolia* та *C. cirsioides* віднесені до Червоної книги

України (2009 р.) і включені до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи (IUCN) [5]. Також, в Україні спостерігається тенденція до зменшення чисельності популяцій *C. acaulis*, який належить до регіонально рідкісних видів [2]. У зв'язку з цим, особливої актуальності набуває пошук альтернативних способів отримання рослинного матеріалу без вилучення відкасників із природного середовища. Одним із найбільш перспективних підходів є застосування методів культури клітин і тканин *in vitro*.

Отримання калюсної культури є важливим етапом біотехнологічних досліджень, оскільки її можна використати для мікроклонального розмноження, клітинної селекції та як сировину, в якій синтезуються БАР. Ефективність індукції калюсогенезу значною мірою залежить від генотипу рослини, типу експланту, складу живильного середовища та співвідношення регуляторів росту.

У публікаціях, що стосуються представників родини Asteraceae показано, що індукція калюсогенезу залежить насамперед від співвідношення ауксинів і цитокінінів у живильному середовищі [1]. Найефективніше калюсоутворення відбувається за використання у живильному середовищі МС комбінацій 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти (2,4-Д) або індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК) із 6-бензиламінопурином (БАП) чи кінетином (КІН), а також за умови додавання НОК [1]. Водночас, морфогенетична відповідь експлантів є видоспецифічною, тому для кожного виду необхідно підбирати умови культивування.

Попри значний інтерес до біотехнологічного потенціалу відкасників, особливості калюсогенезу у видів цього роду залишаються недостатньо вивченими. Тому метою роботи є дослідження особливостей індукції калюсогенезу у рослин видів роду *Carlina* в умовах *in vitro*. Очікується, що результати експерименту дозволять визначити оптимальні умови для індукції калюсогенезу та отримати проліферативно активні культури *in vitro*.

Матеріалом дослідження слугувало насіння видів роду *Carlina*, зібране у природних місцях зростання. Для індукції

калюсогенезу використовували асептичні кореневі та листкові експланти розміром 5–7 мм, які культивували на живильному середовищі Мурасіге–Скуга (МС) із додаванням різних концентрацій цитокінінів — КІН або БАП, а також ауксинів — ІОК чи 2,4-Д. Використовували такі концентрації регуляторів росту: ІОК (1,0–3,0 мг/л); КІН (0,1 мг/л; 0,5 мг/л; 1,0 мг/л); 2,4-Д (0,5–3 мг/л) і БАП (0,5 мг/л; 1,0 мг/л).

Експланти культивували за температури 22±2°С, відносної вологості 80 % без освітлення. Оцінку ефективності калюсогенезу визначали через 4 тижні за частотою утворення калюсу та його морфологічними характеристиками.

Встановлено, що оптимальними для індукції калюсогенезу з кореневих і листкових експлантів рослин досліджених видів є комбінації ІОК (1,0–3,0 мг/л) із КІН (0,1–0,5 мг/л) у живильному середовищі МС. Водночас, підвищення концентрації 2,4-Д до 3,0 мг/л для всіх досліджуваних видів призводить до зниження частоти калюсоутворення, особливо у випадку листкових експлантів.

Наступним етапом буде тестування інших живильних середовищ для індукції калюсогенезу, підбір умов для проліферації отриманих калюсних культур та оцінка їхньої біосинтетичної активності.

Список літератури

1. Загородня Д. С., Гуцько К. І., Петріна Р. О. Дослідження впливу регуляторів росту на ріст калусної біомаси *Carlina acaulis*. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки.* 2021. Т. 32 (71). Вип. 6. С. 161–166. URL: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/26
2. Про затвердження переліків видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ), та видів рослин та грибів, що виключені з Червоної книги України (рослинний світ) : Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 15.02.2021 № 111. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#Text (дата звернення: 10.05.2026).
3. Сорока О. В., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Біологічно активні речовини видів роду *Carlina* L. флори

України. *Наукові записки ТНПУ. Серія Біологія.* Тернопіль : ФОП Осадца Ю. В., 2024. Т. 84., № 3–4. С. 89–99. URL: https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.3-4.10

4. Strzemski M., Wójciak-Kosior M., Sowa I., Rutkowska E., Szwerc W., Kocjan R., Latalski M. *Carlina* species as a new source of bioactive pentacyclic triterpenes. *Industrial Crops and Products*. 2016. Vol. 94. P. 498–504. URL: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.025.
5. The IUCN Red List of Threatened Species. *IUCN Red List of Threatened Species*. URL: https://www.iucnredlist.org/ (дата звернення: 10.05.2026).

УДК 575.224.23:633.11

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF INDUCTION MEDIA IN ANTHER CULTURE OF BREAD WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Shestopal O. L., Zambriborshch I. S., Afinogenov O. A., Chekalova M. S., Traskovetska V. A.

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation

E-mail: zambriborsh@gmail.com

The study is aimed at evaluating the effect of the component composition of induction media on the expression of androgenic response in anther culture of winter bread wheat. The application of doubled haploid technologies is considered an efficient approach to accelerate breeding programs, particularly due to the rapid development of homozygous lines. One of the key stages of this technology is the induction of the sporophytic pathway of microspore development, the efficiency of which largely depends on cultivation conditions and the biological characteristics of the donor material [1-3].

Anthers of 10 winter bread wheat genotypes were used in the study and cultured *in vitro* on three types of induction media (190-2, W-14, and CBH3). The evaluation was carried out based on the frequency of callus formation and the ability to regenerate green and albino plants per 100 cultured anthers. Statistical analysis was performed using analysis of variance (ANOVA) to determine the

contribution of individual factors to the overall variation.

The obtained results demonstrated significant variability in the response of the studied genotypes depending on the induction medium. Callus formation varied widely: from 0 to 15.00 ± 2.06 on medium 190-2, up to 81.11 ± 1.85 on W-14, and up to 15.67 ± 2.10 on CBH3, reaching maximum values on W-14. The regeneration of green plants from callus obtained on different induction media varied within the following ranges: from 0 to 4.33 ± 1.18 (190-2), 42.89 ± 2.33 (W-14), and 2.67 ± 0.65 (CBH3). Some genotypes (F8, F42, F46) showed increased sensitivity to morphogenesis in anther culture *in vitro*, whereas others (F18, F21, F44, F54) demonstrated low or no morphogenetic response. Such variability confirms the complex nature of androgenesis control and highlights the importance of genotype-specific responses.

Statistical analysis revealed that the composition of the nutrient medium plays a dominant role at the initial stages of morphogenetic induction, while the influence of genetic factors becomes more pronounced during green plant regeneration [4-5]. A significant interaction between genotype and culture conditions was also observed, indicating differential realization of morphogenetic potential. The frequency of albino plant formation remained relatively low and exhibited a less predictable pattern of variation.

Additionally, the fertility of regenerated plants after acclimatization to soil conditions was assessed. It was found that the proportion of fertile plants did not differ significantly between induction media and ranged from 15.79 to 18.18%. However, the absolute number of fertile plants varied considerably, with the highest number obtained on W-14 (22 plants) compared to 190-2 (4 plants) and CBH3 (3 plants). This difference is attributed to the higher efficiency of morphogenesis induction and subsequent green plant regeneration on W-14 medium.

Thus, the fertility level of regenerants is primarily determined by biological characteristics of the material and is not dependent on the composition of the induction medium, whereas the total number of fertile plants is directly related to the efficiency of induction and regeneration processes. These findings highlight the advantages of W-14 medium for obtaining a higher number of doubled haploid lines in

breeding practice. The presented results can serve as a basis for further optimization of biotechnological approaches in wheat breeding programs.

References

1. Lantos, C., Weyen, J., Orsini, J.M., et al. Efficient application of in vitro anther culture for different European winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding programs. *Plant Breed*. 2013. vol. 132. P. 149–154. https://doi.org/10.1111/pbr.12032
2. Zambriborshch I., Shestopal O., Traskovetskaya V. et al. Obtaining dihaploid lines of winter bread wheat with complex resistance. *Cereal Research Communic.* 2024. Vol. 52. P. 715–725. DOI: https://doi.org/10.1007/s42976-023-00466-3
3. Kanbar O. Z., Lantos C., Chege P. K. et al. Generation of doubled haploid lines from winter wheat (Triticum aestivum L.) breeding material using in vitro anther culture. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2020. Vol. 56, no. 4. P. 150–158 https://doi.org/10.17221/113/2019-CJGPB
4. Castillo A. M., Vallés M. P., Cistué L. Doubled haploid production in cereals: recent progress and future prospects. *International Journal of Molecular Sciences.* 2022. Vol. 23, iss. 21. Art. 13243. https://doi.org/10.3390/ijms232113243
5. Chaudhary H. K., Dhaliwal I. Advances in doubled haploid technology in wheat breeding. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. Art. 1481134. https://doi: 10.3389/fpls.2024.1481134

УДК: 602.6(477)

КЛІТИННІ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ

Коробка І. О., Лагутіна Ю. О., Щербатюк Т. Г.

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна

E-mail: shcherbatiuk.th@knutd.edu.ua

Регенеративна медицина – це нова галузь науки, спрямована на відновлення та регенерацію нормальних функцій тканин і органів, пошкоджених внаслідок старіння, хвороб, травм або вроджених вад. Серед передових технологій, таких як клітинна терапія, інженерія тканин та біоматеріалів, трансплантація, нано-

та мікротехнології, як окремо, так і в поєднанні з конкретними клітинами, наприклад стовбуровими, відкрили перспективи регенеративної медицини. Регенеративна медицина постійно розвивається завдяки прогресу у розробці нових нано- та мікроматеріалів, таких як частинки, волокна, композити та поверхні. Цей розвиток підкріплюється багатогалузевими та міждисциплінарними зусиллями вчених у таких галузях, як біотехнологія, наука про біоматеріали, хімія, фізика, біологія стовбурових клітин, біологія розвитку та клінічна медицина, а також в інших сферах [1].

Ще 20 років тому у рамках прогнозно-аналітичного дослідження за Державною програмою прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку України з тематичного напряму «Біотехнології» було здійснено три тури опитування експертів. В рейтингу найбільш гострих і проблемних тематичних напрямів серед 10 «Регенеративна медицина» опанувала третє місце [2].

Локомотивом клітинної терапії в Україні є Інститут клітинної терапії, високотехнологічний науковий центр, який складається з науково-дослідного департаменту (R&D Centre) і лабораторії плацентарних стовбурових клітин - PlacentaStemCell Laboratory. Сама там здійснено перші клінічні випробування стовбурових клітин в Україні в партнерстві з провідними науковими інститутами Академії медичних наук України, схвалені Координаційним центром трансплантації органів, тканин і клітин МОЗ України. Кріобанк Інституту клітинної терапії став членом авторитетної міжнародної асоціації акредитованих банків пуповинної крові – Cord Blood Association. Перший в Україні науково-практичний журнал «Клітинна і органна трансплантологія» («Cell and Organ Transplantology») ствав важливим науковим майданчиком для висвітлення результатів досліджень у галузі клітинної терапії та трансплантології [3].

За чотири номери журналу «Клітинна і органна трансплантологія» (2021–2022 роки) надруковано 30 статей, з них 7 статей прямо стосуються стовбурових / мезенхімальних стовбурових клітин (МСК) українських авторів (частина – експериментальні, частина – оглядові).

Серед цих 7 робіт – 4 експериментальні оригінальні роботи (in vivo на тваринах, з реальним введенням клітин); 3 оглядові статті (аналіз літератури по МСК при демієлінізуючих хворобах, ураженні печінки та патології серця). В експериментальних роботах українські автори використовували такі типи клітин: 1) мезенхімальні стромальні клітини з пуповини людини (UC-MSC) – джерело: пуповина, Вартонове желе; застосування: модель демієлінізації (купризон) у мишей, експериментальний автоімунний енцефаломієліт (аналог РС); 2) кріоконсервовані МСК з Вартонового желе – досліджували можливість зменшити концентрацію DMSO з додаванням трегалози, щоб зберегти терапевтичні властивості клітин після заморожування. 3) МСК кісткового мозку щурів (rBM-MSCs) – джерело: кістковий мозок щурів, клітини виділяли, розмножували ex vivo, потім заморожували і застосовували після опромінення. 4) мезенхімальні клітини мезенхімального типу в комбінації з нейральними прогеніторними клітинами – джерело не деталізований у фрагменті, але це МСК нейрогенного та мезенхімального типу, імплантовані у фібриновому матриксі при моделі спінальної травми. Застосовування стовбурових клітин за цей період спрямовано на лікування демієлінізуючого захворювання та розсіяного склерозу – модель: купризон-індукована демієлінізація; спінальної травми – модель: експериментальне ушкодження спинного мозку у щурів; радіаційних ушкодженнь – модель: повне та локальне опромінення щурів.

В оглядових роботах розглядаються МСК жирової тканини (особливо при печінковій патології); МСК з кісткового мозку, жирової тканини, пуповини – при ураженнях серця.

Проведений аналіз публікацій журналу «Клітинна і органна трансплантологія» свідчить про стрімкий розвиток клітинних технологій у експеріментальні медицині. Стовбурові клітини демонструють значний потенціал у лікуванні широкого спектра захворювань, зокрема серцево-судинних, неврологічних та дегенеративних патологій.

Список літератури

1. Choi B, Lee SH. Nano/Micro-Assisted Regenerative Medicine. Int

J Mol Sci. 2018 Jul 26;19(8):2187. doi: 10.3390/ijms19082187.
2. Комісаренко С.В. Стан та перспективи розвитку біотехнології в Україні. *Наука та наукознавство*. 2006. № 3. С. 68-70.
3. Інститут клітинної терапії https://instituteofcelltherapy.com/vidavnicha-diyalnist/.
4. Cell and Organ Transplantology. Архів журналу. URL: https://transplantology.org

РОЗДІЛ 6. ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ

УДК 574.64:581.526.3

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЗЕЛЕНИХ НИТЧАСТИХ ВОДОРОСТЕЙ ДЛЯ БІОМОНІТОРИНГУ ТА ОЧИЩЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

[1]Пасічна О. О., [1]Платонов М. О., [2]Годлевська О. О.

[1]Інститут гідробіології НАН України
[2]Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: ecopasichna@gmail.com, godlevok@gmail.com

Забруднення природних водойм важкими металами є однією з сучасних актуальних проблем екології, оскільки ці елементи здатні накопичуватися у водних організмах і негативно впливати на функціонування водних екосистем. У зв'язку з цим метою роботи було оцінити можливість використання зелених нитчастих водоростей *Spirogyra* sp. та *Oedogonium* sp. для моніторингу та потенційного очищення водойм від важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Co). Рослинний матеріал відбирали зі ставків Національного природного парку «Голосіївський», розташованих у межах міста Києва. Ці ставки формують три каскади штучно створених водойм (Горіхуватські, Китаївські та Дідорівські), які відрізняються рівнем антропогенного навантаження [2]. Відбір зразків водоростей здійснювали влітку 2023 року. Вміст важких металів у рослинному матеріалі визначали методом оптичної емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою з використанням спектрометра iCAP 6300 Duo (Thermo-Fisher Corporation, США) [1].

Результати проведених досліджень показали, що зелені нитчасті водорості *Spirogyra* sp. та *Oedogonium* sp.накопичують значну кількість важких металів з водного середовища. Найбільший вміст цинку і купруму виявлено у водоростях із Горіхуватських ставків (відповідно 93,4–148,6 та 17,0–31,2 мкг/г сухої маси). У водоростях із Дідорівських і Китаївських ставків вміст Zn і Cu був нижчим (22,1–71,0 та 6,4–14,6 мкг/г сухої маси і 10,3–19,1 та 6,0–8,1 мкг/г сухої маси відповідно). Аналогічна

тенденція встановлена для Pb і Co: у водоростях із Горіхуватських ставків вміст плюмбуму досягав 9,3 мкг/г сухої маси, а кобальту — 2,9 мкг/г сухої маси і перевищував вміст цих металів у водоростях з інших досліджених водойм НПП «Голосіївський».

Встановлено найбільші рівні накопичення феруму та мангану у *Spirogyra* sp. з Горіхуватського ставка №1 (4793 і 1934 мкг/г сухої маси відповідно) та з Дідорівського ставка №4 (4567 і 1729 мкг/г сухої маси відповідно). У водоростях з інших водойм парку вміст Fe і Mn знаходився у межах 623–3463 та 635–1287 мкг/г сухої маси відповідно.

Встановлено, що за інтенсивністю накопичення у зелених нитчастих водоростях досліджувані метали формують ряд: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Co. Такий розподіл пояснюється як фізіологічною роллю окремих елементів у метаболізмі водоростей, так і їх концентрацією у водному середовищі. Відомо, що Fe, Mn, Zn, Cu та Co у невеликих (мікрограмових) концентраціях є необхідними для функціонування фотосинтетичного апарату та росту водоростей, однак надлишок цих металів може викликати токсичні ефекти і порушення клітинного метаболізму [3]. Pb є токсичним металом, який не має відомої біологічної ролі [5]. Високий рівень накопичення Fe і Mn водоростями, ймовірно, пов’язаний як із порівняно високою концентрацією розчинної форми цих металів у воді досліджуваних ставків [2], так і з їх важливим значенням для життєдіяльності рослинних організмів [4].

Отримані результати свідчать про те, що зелені нитчасті водорості *Spirogyra* sp. та *Oedogonium* sp. є перспективними біомоніторами стану водного середовища, оскільки рівень накопичення металів у їхній біомасі відображає ступінь забруднення водойми важкими металами. Особливо це проявляється у водоймах із високим рівнем антропогенного навантаження, де водорості накопичують значну кількість металів. Крім того, здатність зелених нитчастих водоростей ефективно вилучати важкі метали з води вказує на можливість їх використання у технологіях фіторемедіації та біологічного очищення водних екосистем. Висока ефективність акумуляції зумовлена морфологічними особливостями нитчастих водоростей,

насамперед значною площею поверхні, що забезпечує інтенсивний контакт із водним середовищем.

Таким чином, зелені нитчасті водорості Spirogyra sp. та Oedogonium sp. можуть розглядатися як перспективні організми для екологічного моніторингу та очищення водойм від важких металів, що робить їх важливими компонентами сучасних біотехнологічних підходів до охорони водних екосистем.

Список літератури

1. Національний Ботанічний сад ім. М.М.Гришка: ЦККП «СЦЕА». www.nbg.kiev.ua/scientific_activity/scea/
2. Gorbatiuk L.O., Pasichna O.O., Klochenko P.D. et al. Content of pollutants and their potential toxicity in the water bodies of the "Golosiyivsky" National Nature Park (Ukraine). *Hydrobiol. J.* 2025. Vol. 61, N 2. P. 61–74.
3. Pasichna O.O. Content of pigments in Cladophora glomerata under the influence of copper (II) and manganese (II) ions in the aquatic environment. *Hydrobiol. J.* 2017. Vol. 53, N 1. P. 65–74.
4. Ray S., Singh P.K., Mankotia S. et al. Iron homeostasis in plants and its crosstalk with copper, zinc, and manganese. *Plant Stress*. 2021. Vol. 1. Art. 100008.
5. Salama El.-S., Roh H.-S., Dev S. et al. Algae as a green technology for heavy metals removal from various wastewater. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2019. Vol. 35, N 5. Art. 75.

УДК 628.194:628.11

«АЛЬГОЛОГІЗАЦІЯ» ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ХЛОРЕЛОЮ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ БОРОТЬБИ З СИНЬО-ЗЕЛЕНИМИ ВОДОРОСТЯМИ, ЗАПОБІГАННЯ «ЦВІТІННЯ» ТА ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДОЙМИ

[1]Грубінко В. В., [2]Калінін І. В., [1]Чвалюк Г. В., [1]Корнієнко А. Ю.

[1]Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
[2] Національний університет біоресурсів і природокористування
E-mail: arkorniienko@gmail.com

Водосховище «Тернопільський став» є типовим прикладом гідроекосистеми в антропогенно трансформованому середовищі. Ця водойма створена штучно, але у упродовж довготривалого формування вона набула властивостей і характеру природної. Враховуючи те, що всі процеси становлення природного режиму і входження водойми в природну нішу значно прискорені, вона є багатогранною природною лабораторією.

«Тернопільський став» належить до водосховищ особливої категорії внутрішніх водойм із специфічними особливостями водообміну, проточності, сезонних змін гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних характеристик [1]. Водосховище «Тернопільський став» –зарегульований водотік р. Серет – лівої притоки р. Дністер. Гідрологічна характеристика водосховища: площа водозбірного басейну до межі гідровузла, км^2 – 9,26; Об'єм стоку, млн. м^3 - річний 17, повіддя - +6 [1].

Якість водного середовища у ньому формується під впливом трьох факторів: природних і господарських умов формування стоку на водозаборі, кількості і якості стічних вод та інших джерел забруднення водойми, а також процесів, що протікають у самому водосховищі, які значною мірою визначаються його гідрохімічними та гідрологічними особливостями, зокрема, інтенсивністю водообміну.

Особливий функціональний статус в екосистемах такого типу займають водні рослини, які є біофільтраторами, формують як продукцію водойми, так і є чинником колообігу речовин у ній

через підтримання балансу кисню та вуглекислоти. Поява у водоймі евтрофних видів (водоростей, особливо, синьо-зелених), тобто тих, що потребують для свого зростання збільшеного вмісту поживних речовин, є показником алохтонного забруднення, що унаслідок евтрофікації потім набуває автохтонного характеру.

Під впливом забруднюючих речовин у екосистемі ставу відмічено порушення трофічних зв'язків, евтрофікацію і інші несприятливі екологічні процеси. Усе це зменшує темпи росту гідробіонтів, їх плодючість, а в деяких випадках призводить до їх загибелі. Натомість, збільшення продукційного потенціалу водойми, як наслідок антропогенної евтрофікації, забезпечується як збільшенням продукції фітопланктону в пелагіалі, так і за рахунок вищої водної рослинності та нитчастих водоростей в літоралі. Тому важливою складовою евтрофікації водойм є їх інтенсивне заростання, замулювання і заболочення, а відтак, накопичення за рахунок гниття органічних залишків біоти ставу та надходження з поверхневим стоком органічних речовин.

На основі загальної екологічної характеристики водосховища «Тернопільський став» видається необхідною комплексне здійснення заходів з екологічної оптимізації ставу, насамперед моделювання екологічного стану цієї екосистеми з метою запобігання евтрофікації.

Одним з трендів екологізації водойм є необхідність запровадження адаптаційних заходів для зменшення негативного впливу змін клімату та ефективного пристосування до нових умов. Однією з основних проблем є біологічне забруднення вод природних водоймищ патогенними та умовно-патогенними мікроорганізмами і альгофлорою, яке відбувається в результаті надходження в них стічних вод з прибережних населених пунктів, промислових вод, багатих на органічні сполуки з поживними речовинами для мікроводоростей. Основними ознаками евтрофікації є збільшення біомаси фітопланктону, масовий розвиток водоростей до рівня «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого кисню на заключному етапі вегетації – при масовому відмиранні водоростей.

Вирішення проблеми збереження та відновлення природних ресурсів України можливе шляхом розробки і подальшої реалізації

науково обґрунтованих планів водного та екологічного менеджменту із застосуванням біологічних способів боротьби зі шкідливими видами. Ці способи повинні враховувати не тільки сучасні умови формування гідроекологічного режиму природних водойм, але й їх зміни, що очікуються внаслідок впливу антропогенної діяльності та впливу кліматичних чинників [2].

Застосування хлорели відбувається вже давно і успішно, але в аквакультурі ця водорість може з успіхом застосовуватися, зокрема, як біологічний меліоратор, що очищує водойми і покращує якість води. Розвиток хлорели у водоймі пригнічує розвиток синьо-зелених водоростей, особливо в умовах підвищеної температури води, і це зберігає необхідний для вирощування гідробіонтів кисень у воді та забезпечує її належну кислотність. На сучасному етапі інноваційним підходом, який значно дозволяє знизити рівень забруднення водойм та покращити органолептичні властивості води, є біоремедіація водойм суспензією хлорели, яка основана на альголізації водойм планктонними штамами зеленої мікроводорості *Chlorella vulgaris*. Технологія заснована на біологічних властивостях живої планктонної хлорели пригнічувати дію синьо-зелених водоростей (ціанобактерій). Хлорела проявляє природну конкуренцію та здатна впливати на витіснення синьозелених водоростей з водойм, ліквідує наслідки «цвітіння»: очищує воду, насичує її киснем, відновлює популяцію фіто- та зоопланктону забезпечує рибу природною кормовою базою.

Очищуючи водне середовище від біогенних елементів (N і P), водні рослини ще й стримують «цвітіння» води синьо-зеленими водоростями. Перспективним напрямком зниження евтрофікації вод і захисту їх від забруднення є альголізація водойм хлорелою. Штам має здатність «вільного» і рівномірного розподілу в середовищі. Потрапляючи у водойму, планктонна хлорела не осідає на дно і не прилипає до вищої рослинності, а знаходиться і розвивається у верхньому (до 40–100 сантиметрів) шарі води, інтенсивно фотосинтезується та поділяється. За кілька днів хлорела стає домінуючою мікроводорістю в шарі води, насичуючи його киснем і видаляючи з нього надлишки вуглекислого газу, органічних і неорганічних речовин.

Метод внесення до водойми хлорели крім вирішення основного поставленого завдання – ліквідація «цвітіння» синьо-зелених водоростей, забезпечує значне поліпшення якості води; істотне зниження бактеріального забруднення води патогенною мікрофлорою; збільшення кількості розчиненого кисню у воді до норми протягом всього вегетативного періоду; збільшення кормових ресурсів фауни водойм; відмова від застосування вапнування і інших способів пригнічення фіто- і зоопланктону. Впроваджені штами хлорели, на відміну від аборигенних, постійно присутніх в кожній водоймі, володіють добре вираженими планктонними властивостями і пригнічують розвиток синьо-зелених водоростей, тим самим запобігаючи «цвітінню» води.

В Тернопільському водосховищі на основі реалізації «Комплексної програми розвитку водосховища «Тернопільський став» на 2017-2019 роки» на площі 311 га (середня глибина) близько 10 м навесні (на початку травня) 2021 р. було внесено хлорелу разом з *Scenedesmus* у вигляді «хлорелової пасти». Як зазначалося вище, забруднення водойми було суттєвим, насамперед важкими металами, нафтопродуктами, ПАР, тощо. У попередні роки відмічали активне «цвітіння» води, її залужнення унаслідок амонізації решток гниючих рослин та відмерлих водоростей [1, 2].

Про успішність розмноження *Ch. vulgaris* свідчить динаміка вмісту клітин та загальна біомаса та біомаси основних органічних компонентів. Упродовж перших 18 діб культивування спостерігали експоненціальне наростання кількості клітин у 5,3 раза до $269{,}2 \pm 3{,}0 \cdot 10^6$ клітин/дм^3 порівняно з їх кількістю у початково – $51{,}2 \pm 1{,}6 \cdot 10^6$ клітин/ дм^3 ($p < 0{,}05$), після чого протягом усього терміну культивування показник кількості клітин хлорели був постійним у межах $110{,}1 \pm 5{,}2 \cdot 10^6$ клітин/ дм^3 (у 2,1 раза більше порівняно з їх кількістю початково ($p < 0{,}05$).

За визначених умов досліду, вміст основних органічних компонентів клітин *Ch. vulgaris* становив від загальної біомаси: протеїни – 54%, вуглеводи – 32%, ліпіди – 14%. Упродовж експоненціальної фази у 3,8 раза зріс вміст протеїнів, у 6,3 – вуглеводів, у 3,0 – ліпідів ($p < 0{,}05$). Надалі до 21–25-ї доби культивування вміст протеїнів був на рівні близько 60 мг сухої

маси/дм^3, вуглеводів – 35, ліпідів – 12 мг. Співвідношення вуглеводи:протеїни:ліпіди становило: на початку культивування – 5,4:3,2:1,4; на стадії завершення експоненціального росту – 4,7:4,5:0,8; на стадії стаціонарного росту – 5,6:3,3:1,1.

В процесі самокультивування упродовж 1-го місяця спостерігали пригнічення розвитку синьо-зелених водоростей, частка яких зменшилася до 30% у альгопробах, натомість частка клітин хлорели становила 70% від загальної кількості клітин водоростей, а їх біомаса зросла у 5 разів.

Отже, упродовж вегетативного сезону клітини хлорели активно вегетували у літні місяці, а зменшення їх вмісту, аж до практичного повного припинення вегетації, відбулося зі зменшенням температурного показника води до 4-6° С. Призупинився процес евтрофікації водойми, відбувалося пригнічення розвитку заростання вищою рослинністю, суттєво знизилися показники вмісту сполук азоту та фосфору в воді. Оптимізація вплинула на pH води (показник знизився до рівня 7,11) проти забруднення амонієм у квітні – 7,34. Упроваджений штам хлорели, володіює добре вираженими планктонними властивостями і пригнічує розвиток синьо-зелених водоростей, тим самим запобігаючи «цвітінню» води.

У результаті комплексного гідроекологічного дослідження водосховища «Тернопільський став» шляхом порівняння отриманих показників з екологічними нормативами та стандартами якості навколишнього середовища покращено екологічну безпеку ситуацію в цілому.

1. Альгологізація позитивно впливає на показники води. Вода придонних шарів звично в нормі характеризується стабільним низьким, однак вищим від критично рівня, вмістом кисню, який активно використовується в екосистемі на окиснення органічних речовин. Вміст вуглекислоти знаходиться в межах допустимого рівня та свідчить про переважання її форми гідрокарбонат-йон (HCO_3^-).
2. Вода є слабколужною, що і сприяє перебуванню вуглекислоти у формі гідрокарбонат-йону. Причиною лужності води є як гниття органічних речовин у придонному шарі та мулі, так і засолення водойми лужними еквівалентами змивного

походження.

3. Одним із критичних факторів у водоймі є амоніфікація та накопичення аміаку. Найбільш забруднена аміаком вода є на ділянках її застою (перевищення ГДК майже у 3 рази).
4. Значне забруднення ставу органічними речовинами антропогенного походження: вміст нафтопродуктів перевищує допустимі норми практично у 8 разів; вміст поверхнево-активних речовин перевищує допустимі значення у 1,5-5 разів; вміст фенолів у мулі перевищує допустимий рівень у 2-6 разів; значення показника $БСК_5$ у водосховищі близьке до допустимого, але переважає його у 1,4 раза біля причалу катерів.

Список літератури

1. Грубінко В. В., Гуменюк Г. Б., Волік О. В., Свинко Й. М., Маккарті Ф. Г. Екосистема зарегульованої водойми в умовах урбонавантаження: на прикладі Тернопільського водосховища / за ред. В.В. Грубінка. – Тернопіль : Вектор, 2013. – 201 с.
2. Гандзюра В. П., Грубінко В. В. Концепція шкодочинності в екології. Київ–Тернопіль: Вид–во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. 144 с.
3. «Перелік забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод». Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України 06.02.2017 № 45. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 20 лютого 2017 р. за № 235/30103.

УДК 504.5:546.3/.9:581.526.3:574.21(477.84-25)

ОЦІНКА БІОІНДИКАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ *ACORUS CALAMUS* ТА *TYPHA LATIFOLIA* ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ВОДІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Корнієнко А. Ю., Грубінко В. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені+Володимира Гнатюка
E-mail: arkorniienko@gmail.com

Екологічний стан Тернопільського водосховища зумовлений природними та антропогенними чинниками, зокрема забрудненням мікроелементами. Їхня біоакумуляція та токсичність спричиняють мутагенну дію та пригнічення біохімічних процесів у водних організмів.

Надходження мікроелементів у водойму має багатофакторний характер. Серед основних антропогенних джерел: викиди транспорту, скидання відходів, використання добрив та пестицидів. Оскільки урбанізована територія басейну, що включає м. Тернопіль та р. Серет, значну роль у формуванні екологічного стану відіграє техногенне навантаження.

За результатами попередніх досліджень було зафіксовано перевищення ГДК для марганцю (Mn) – у 2,6–6,1 рази, для заліза (Fe) – у 3,7 разів, для цинку (Zn) – у 2,7 разів.

Вторинне забруднення водойм металами спричиняють гідрохімічні чинники, біогеохімічне метилювання та вивільнення з донних відкладів чи органічних сполук. Сорбція завислими речовинами з подальшим осіданням створює у бенталі довготривалий резерв накопичених металів [3].

Макрофіти – ефективні біоіндикатори стану водойм. Завдяки прикріпленому способу життя та великій поверхні контакту вони інтенсивно накопичують метали в концентраціях, що значно перевищують рівень у воді. Це дозволяє оцінювати забруднення в динаміці, на відміну від разових гідрохімічних аналізів [4].

Практична цінність макрофітів полягає у видоспецифічності накопичення елементів, що дозволяє оцінювати різні типи

забруднень. Крім того, вони легкодоступні, мають широкий ареал і придатні для лабораторних досліджень [4].

Лепеха звичайна (*Acorus calamus*) та рогіз широколистий (*Typha latifolia*) – типові гелофіти, придатні для аналізу концентрацій забруднювачів через біоіндикацію завдяки інтенсивній акумуляції мікроелементів. Кореневища лепехи мають тісний контакт із донними відкладами, що забезпечує переважно ризосферний шлях надходження металів [2]. Рогіз широколистий характеризується високими темпами росту та розвиненою аеренхімою, що дозволяє регулювати окисно-відновні умови в прикореневій зоні. Ці властивості сприяють ефективному поглинанню цинку (Zn), міді (Cu) та свинцю (Pb) коренями й надземними органами [1].

Аналіз розподілу мікроелементів у різних органах лепехи та рогозу в екосистемі Тернопільського водосховища свідчить про виражену органоспецифічність їх акумуляції. Це важлива ознака потенціалу використання цих видів як біоіндикаторів. Найбільш контрастний розподіл характерний для заліза (Fe), марганцю (Mn), цинку (Zn), міді (Cu), нікелю (Ni) та молібдену (Mo), які демонструють різну інтенсивність накопичення залежно від функціональної ролі органів рослин.

У цих вищих водних рослинах спостерігається тенденція до накопичення мікроелементів переважно у підземних органах. Зокрема, вміст заліза в коренях досягає найвищого значення до 123 мг/100 г, водночас у листках він суттєво нижчий і варіюється в межах 2,3–33 мг/100 г. Аналогічна закономірність спостерігається для марганцю (до 37 мг/100 г у коренях проти 5–22 мг/100 г у листках), цинку (до 8,6 мг/100 г у коренях) та міді (до 1,5 мг/100 г). Це вказує на домінування ризосферного шляху надходження мікроелементів і виражену бар'єрну функцію, яка обмежує перенесення токсикантів до надземних органів.

У листках зафіксовано нижчі рівні концентрації більшості мікроелементів, проте в окремих випадках спостерігається відносне накопичення рухомих форм, зокрема нікелю (до 0,13 мг/100 г) та молібдену (0,055–0,073 мг/100 г). Це свідчить про їхню активну участь у метаболічних процесах фотосинтезуючих органів.

Встановлено, що концентрація свинцю (Pb) в усіх органах рослин була нижчою за межу виявлення (<0,03 мг/100 г), що може свідчити про низький рівень забруднення середовища в місцях відбору зразків або про обмежену біодоступність цього елемента.

Проведені дослідження в екосистемі Тернопільського водосховища підтверджують високий потенціал лепехи звичайної та рогозу широколистого як біоіндикаторів стану прісноводних екосистем. Ці макрофіти проявляють значну чутливість до забруднювачів, зокрема за підвищених концентрацій мікроелементів у середовищі. Здатність рослин акумулювати метали у концентраціях, що суттєво перевищують їхній вміст у воді, дозволяє проводити оцінку рівня антропогенного навантаження. Високі темпи росту та інтенсивний метаболізм гелофітів, до яких належать рослини, що досліджувались, сприяють ефективній біоакумуляції контамінантів. За результатами аналізу встановлено виражену органоспецифічність: найбільш інтенсивне накопичення елементів відбувається у підземних органах, які водночас виконують функцію бар'єру, що обмежує їхню транслокацію до надземної частини.

Список літератури

1. Mamine N. Determination of the toxic effects of heavy metals on the morpho-anatomical responses of the leaf of typha latifolia as a biomonitoring tool. *Plants.* 2024. Т. 13, № 2. С. 176. URL: https://doi.org/10.3390/plants13020176.
2. Nantiyagul Y., Rerksngarm T., Charoenying T. Enhanced bioactive compound recovery, heavy metal reduction, and antifungal activity of acorus calamus extracts obtained by optimized supercritical CO_2 extraction. *Journal of the Medical Technologist Association of Thailand*. 2026. Т. 54, № 1. URL: https://www.researchgate.net/publication/404224186
3. Prokopchuk O., Hrubinko V. Heavy metals in the small rivers of Ternopil region under different types of anthropogenic pressure. *Biosystems diversity.* 2016. Т. 24, № 1. С. 173–181. URL: https://doi.org/10.15421/011621.
4. Ribeiro C., Almeida A., Couto C. The Aquatic macrophytes as bioindicators of heavy metals contamination in estuarine

ecosystems. *Scientific letters*. 2022. Т. 1, № 1. URL: https://doi.org/10.48797/sl.2022.17.

УДК [574.5:581.526.323] (285.3)

ТАКСОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРОФІТОБЕНТОСУ МАЛИХ РІЧОК МЕГАПОЛІСУ

Ларіонова Д. П.

Інститут гідробіології НАН України
E-mail: gipoteca@gmail.com

Гідроекосистеми водотоків, розташованих у межах м. Києва, зазнають дії багатофакторного антропогенного навантаження, що впливає на структурні показники різних екологічних угруповань гідробіонтів, зокрема, мікрофітобентосу − важливого компоненту гідробіоти, що приймає участь у формуванні якості води, біопродуктивності водних об'єктів, становить невід'ємну складову їх біологічного різноманіття. Таксономічна структура і видовий склад є однією з важливих характеристик мікрофітобентосу, яка відображає особливості його реакції на антропогенний вплив. До теперішнього часу мікрофітобентос малих річок мегаполісу залишався маловивченим.

Метою роботи було визначення таксономічної структури і видового багатства таких малих річок міста Києва як Горенка, Нивка, Сіверка і Сирець.

Дослідження проводили протягом весняно-осіннього періоду 2015 р. Проби відбирали мікробентометром МБ-ТЄ у трьох повторностях, камеральну обробку та опрацювання виконували за загальноприйнятою методикою [3].

Своєрідність річок Нивка і Сирець, розташованих в західній та південно-західній частинах міста, полягає у переважанні незначних глибин (0,1-1,3 м), суттєвій трансформації русел (бетонні колектори, численні стави), протіканні територією з приватною та багатоповерховою забудовами. Санітарні зони уздовж берегових ліній відсутні. Як наслідок, у руслі та на берегах спостерігається велика кількість побутового і будівельного сміття [4]. Русло р. Сіверки проходить південною околицею міста, його

глибина не перевищує 0,1-0,8 м. Уздовж берегів розташовані численні садово-дачні кооперативи, що значно впливає на показники якості води річки через забруднення господарсько-побутовими стоками. Річка Горенка досить мілководна (до 1,0 м), протікає північно-західною околицею мегаполісу, переважно рекреаційною зоною, серед змішаного лісу, частково – через селище Горенка. Як і Сіверка, Горенка не каналізована [1, 2, 4].

У результаті досліджень встановлено, що у мікрофітобентосі водотоків виявлено 153 види (167 внутрішньовидових таксонів (в.в.т.)), 68 родів, 40 родин, 25 порядки, 11 класів і 7 відділів водоростей. За видовим багатством вони суттєво розрізнялись: найбільша кількість видів відмічена у р. Горенка – 108 (119 в.в.т.). У р. Нивка виявлено 82 види (89 в.в.т.), р. Сіверка – 63 (66 в.в.т.) і у р. Сирець − 46 видів (49 в.в.т.).

Відділ Bacillariophyta посідав перше місце за кількістю видових та внутрішньовидових таксонів і нараховував 99 видів (107 в.в.т.) з 40 родів, 23 родин, 13 порядків, 3 класів, що становило 64,7 % від загальної кількості визначених у мікрофітобентосі досліджених водотоків видів. Річки Горенка та Нивка характеризувались найбільшою кількістю видів діатомових водоростей – 75 видів (79 в.в.т.) та 66 видів (73 в.в.т.) відповідно, у р. Сирець вони формували практично 100 % її видового складу (46 видів) – 44 види (46 в.в.т.). Аналогічна кількість зафіксована у р. Сіверка – 44 види (45 в.в.т.). На рівні класів провідним за кількістю видів був *Bacillariophyceae* – 78 видів (82 в.в.т.), порядків *Naviculales* – 25 видів, *Cymbellales* – 23 види, *Fragilariales* – 18 видів (22 в.в.т.), родин – *Fragilariaceae*, 18 видів (22 в.в.т.), *Naviculaceae*, 11 видів, *Gomphonemataceae*, 10 видів (11 в.в.т.), родів – *Gomphonema*, 10 видів (11 в.в.т.) та *Navicula*, 9 видів.

Відділ Chlorophyta налічував 25 видів (31 в.в.т) з 11 родів, 6 родин, 5 порядків, 2 класів і визначав 16,3 % видового різноманіття мікрофітобентосу малих річок. Найбільшу кількість представників відділу виявлено у р. Горенка – 19 видів (23 в.в.т.), у річках Нивка і Сіверка – 4 (5 в.в.т.) і 7 видів (8 в.в.т.) відповідно. На рівні класів переважав *Chlorophyceae* – 23 види (29 в.в.т.), порядків – *Sphaeropleales*, 21 вид (27 в.в.т.), родин − *Scenedesmaceae*, 12 видів (15 в.в.т.) та *Hydrodictyaceae* – 9 видів (12 в.в.т.), родів –

Desmodesmus, 6 видів (7 в.в.т.).

Відділ Cyanobacteria був сформований 15 видами, 8 родами, 5 родинами, 4 порядками, 1 класом, його частка у видовому різноманітті мікрофітобентосу була 9,8 %. У р. Сіверка виявлено 9 видів, у р. Нивка – 6, у р. Горенка – 4 види представників відділу. У класі Cyanophyceae домінували: порядок − *Oscillatoriales*, 7 видів, родина − *Oscillatoriaceae*, 7 видів, рід − *Oscillatoria*, 5 видів.

Відділ Euglenozoa налічував 7 видів (8 в.в.т.), 3 роди, 1 родину, 1 порядок, 1 клас, загалом 4,6 % видового різноманіття мікрофітобентосу. У р. Горенка ідентифіковано 6 видів (7 в.в.т.), у р. Нивка – 5, у р. Сирець – 1 вид. Всі виявлені види представлені класом *Euglenophyceae*, порядком *Euglenales*, родиною *Euglenaceae*, провідними родами *Euglena* і *Trachelomonas* – по 3 види відповідно.

До відділу Charophyta мікрофітобентосу малих річок відносилось 4 види, 4 роди, 2 родини, 1 порядок, 1 клас і 2,6 % видового різноманіття водоростей на дні. У р. Горенка виявлено 3 види, у річках Сирець і Сіверка – по одному. У класі *Zygnematophyceae*, порядку *Desmidiales*, родинах *Closteriaceae* та *Desmidiaceae,* родах *Closterium* і *Desmidium* ідентифіковано 1 і 3 види відповідно.

Відділ Miozoa був представлений 2 видами, 2 родами, 2 родинами, 2 порядками, 1 класом і 1,3 % видового багатства мікрофітобентосу. У річках Нивка і Сіверка виявлено по 1 виду водоростей, які належали до класу *Dinophyceae*, порядків *Peridiniales* і *Suessiales*, родин *Peridiniaceae* та *Sphaerodiniaceae*, родів *Sphaerodinium* та *Peridinium*.

Відділ Ochrophyta налічував 1 вид, 1 рід, 1 родину, 1 порядок, 1 клас, що становило лише 0,6 % видового різноманіття водоростей на дні. До класу *Chrysophyceae*, порядку *Ochromonadale*s, родини *Mallomonodaceae* і роду *Mallomonas* належав вид *Mallomonas acaroides* Perty, ідентифікований у річках Горенка та Сіверка.

Таким чином, встановлено, що видовий склад мікрофітобентосу досліджуваних чотирьох малих річок м. Києва представлений 153 видами (167 в.в.т.), основу якого формують представники трьох відділів: Bacillariophyta, Chlorophyta та

Cyanobacteria. Виявлено, що найбільше видове багатство і таксономічне різноманіття мікрофітобентосу притаманне річці Горенка, яка протікає у рекреаційній зоні, найменше – річкам Нивка, Сіверка, і Сирець, які знаходяться під суттєвим антропогенним впливом.

Список літератури

1. Вишневський В. І. Малі річки Києва. К.: Інтерпрес ЛТД, 2013. 84 с.
2. Ларіонова Д. П., Давидов О. А. Мікрофітобентос природного водотоку м. Києва. *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів*: Мат. VIII з'їзду Гідро-екологічного товариства України. Київ, 2019. с. 55-57.
3. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. НАН України, Ін-т гідробіології. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.
4. Стецюк В. В., Романчук С. П., Щур Ю. В. та ін. Київ як екологічна система: природа-людина-виробництво-екологія. Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2001. 259 с.

УДК [581.526.323:581.55](282.247.32)

ОСНОВНІ ВИДИ МІКРОФІТОБЕНТОСУ У ПРОЦЕСАХ ОБМІНУ ВИДІВ У КОНТУРНИХ АЛЬГОУГРУПОВАННЯХ ЗАТОКИ СОБАЧЕ ГИРЛО (УКРАЇНА)

Давидов О. А., Козійчук Е. Ш., Железняк Н. І., Жорова А. В.

Інститут гідробіології Національної академії наук України, Київ
E-mail: elina.koziychuk@gmail.com

Вивчення контурних альгоугруповань (мікрофітобентосу та фітоепіфітону) є актуальним у контексті дослідження обміну видів між водоростевими угрупованнями у різнотипних водних об'єктах.

Результати дослідження обміну видів у контурних альгоугрупованнях затоки Собаче Гирло – елементу придаткової мережі річкової ділянки Канівського водосховища – узагальнені в оригінальній публікації [2]. Разом із тим постає необхідність не тільки у встановленні спільних видів водоростей у контурних

угрупованнях, але й виділенні серед них видів мікрофітобентосу, які відіграють важливу роль у процесах обміну видами з фітоепіфітоном.

Дослідження проводили у червні 2023 р. у затоці Собаче Гирло (50,515321 п.ш., 30,523015 с.д.). Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометром МБ-ТЄ у трьох повторностях на слабкозамуленому піску на глибині 0,5–1,0 м у місцях поблизу заростей *Sparganium* sp. Відбір та камеральну обробку альгологічних проб проводили за загальноприйнятою методикою [1].

За результатами досліджень, серед ідентифікованих у мікрофітобентосі 60 видів та внутрішньовидових таксонів, включно з номенклатурним типом виду (ввт), та 40 ввт у фітоепіфітоні встановлено, що спільними для обох альгоугруповань є 22 ввт. На дні серед спільних видів водоростей основна роль у формуванні кількісних показників як чисельності, так і біомаси належала Bacillariophyta. Основними видами у мікрофітобентосі визначено 5 видів діатомових, які формували найвищі показники рясності серед спільних видів. Зокрема, частка *Staurosira construens* Ehrenberg досягала 71% чисельності та 24% біомаси, а частка інших чотирьох видів: *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Navicula cryptocephala* Kützing, *Melosira varians* C. Agardh та *Hyppodonta capitata* (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski складала 7% від загальної чисельності та 19% біомаси серед спільних видів. Виділені основні види мікрофітобентосу у фітоепіфітоні були ще більш значущими, оскільки їхня частка у чисельності 95%, а у біомасі – 92%.

Таким чином, за результатами досліджень, серед спільних видів для мікрофітобентосу та фітоепіфітону виділено п’ять основних, які відіграють вагому роль у формуванні їхніх показників рясності як на дні водойми, так і в обростаннях вищих водяних рослин.

Список літератури

1. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
2. Zhorova A. V., Hryhoriyeva H. Ye., Semenyuk N. Ye., Davydov O. A., Koziychuk E. Sh. Spatial dynamics and

interrelations of contour algal communities in the upper section of the Kaniv Reservoir (Dnieper River, Ukraine). Hydrobiological Journal. 2025. Vol. 61, N 4. P. 3–23.

УДК 574.583 (28) + 581.526.325

АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКІВ ПІГМЕНТНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДОРОСТЕЙ З ГІДРОХІМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВОДИ ВИСОКОЕВТРОФНИХ СТАВКІВ ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «ОЛЕКСАНДРІЯ» (м. БІЛА ЦЕРКВА, УКРАЇНА)

Медведь В. О., Харченко Г. В., Горбатюк Л. О.

Інститут гідробіології НАН України,
E-mail: vika_med@i.ua

Вміст біогенних речовин у водному середовищі відносять до чинників першого порядку, які визначають кількісні та якісні параметри розвитку фітопланктону [1, 2]. В першу чергу це стосується неорганічних сполук азоту (NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-) і фосфору ($P_{неорг}$), потреба в яких відрізняється у водоростей не тільки різних систематичних груп, але й у межах одного відділу [Цит. по 1]. До чинників першого порядку також відноситься величина відношення $N_{неорг}/P_{неорг}$, що визначає кількісні та якісні параметри розвитку фітопланктону. У літературі є відомості про те, що для різних видів прісноводного фітопланктону оптимальне співвідношення $N_{неорг}/P_{неорг}$ коливається від 4,1 до 133,3 [Цит по 4]. Азот та фосфор належать до найважливіших елементів біополімерів клітини. Зміна їх концентрації та форми сполук азоту у воді впливають на ріст, розмноження та пігментні характеристики водоростей. Вміст хлорофілу *a* в одиниці об'єму води належить до найважливіших біологічних показників, що враховується при оцінці якості води та біопродуктивності водойм. Концентрація і форма азотвмісних сполук, а також кількість неорганічного фосфору дають певний вплив на пігментні характеристики водоростей планктону [1, 2].

Особлива увага до дендрологічного парку «Олександрія» обумовлена тим, що досліджувані ставки відрізняються вмістом біогенних елементів, в першу чергу вмістом неорганічних сполук

азоту. Так, у ставках, розташованих в Західній балці концентрація біогенних сполук досягає досить високих значень NH_4^+ (30,0 – 105,0 мгN/дм^3), NO_2^- (0,18–1,76 мгN/дм^3), NO_3^- (1,50–53,75 мгN/дм^3), $P_{неорг}$ (0,096–0,260 мгP/дм^3) і величини відношення $N_{неорг}/P_{неорг}$ (1098,77–251,06). У інших систем ставків значення цих показників було помітно меншим: NH_4^+ (0,11–0,37 мгN/дм^3), NO_2^- (0,014–0,059 мгN/дм^3), NO_3^- (0,88–3,25 мгN/дм^3), $N_{неорг}/P_{неорг}$ (9,77–54,17).

Слід зазначити, що порівнювані водойми відрізнялися не тільки за ступенем забруднення, а й за домінуючим комплексом водоростей. Так, у найбільш забрудненій водоймі Західної балки основу біомаси складали Chlorophyta (59,40–67,89%) та Euglenophyta (75,37%). У водоймах з меншим ступенем забруднення домінували види водоростей Chlorophyta і Bacillariophyta (73,45–76,48 % і 47,75–86,63 %) та 52,40–98,54% і 46,92–52,38% відповідно у ставках Середньої та Східної балки.

Важливо підкреслити, що переважання представників Chlorophyta у найбільш забруднених ставках обумовлено тим, що вони значно стійкіші до високих концентрацій амонійного азоту порівняно з іншими відділами, тому як здатні утилізувати ці речовини в значних кількостях. Щодо Euglenophyta, то вони вибагливі до вмісту біогенних елементів у воді, перш за все до вмісту амонійного азоту [3].

Метою даної роботи було з’ясування особливостей пігментних характеристик фітопланктону ставків дендрологічного парку «Олександрія» (м. Біла Церква, Київська область), що відрізняються за ступенем антропогенного навантаження, та аналіз їх зв”язків з гідрохімічними показниками фітопланктону.

Враховуючи, що концентрація азотовмісних сполук, а також кількість неорганічного фосфору надають певний вплив на пігментні характеристики водоростей планктону нами був проведений відповідний кореляційний аналіз. Кореляційні залежності між фотосинтетичними пігментами та біогенними елементами у фітопланктоні досліджуваних водойм, були різними. Так, у найбільш забруднених водоймах Західної балки між загальним вмістом зелених пігментів $C_{хл\ a+b+c}$ та концентрацією NH_4^+, з $N_{неорг}$ та величиною відношення $N_{неорг}/P_{неорг}$ і $NH_4^+/P_{неорг}$

встановлено достовірну негативну залежність (відповідно r = -0,78, -0,77, -0,79, -0,84 при n = 8, $p \leq 0,05$). Також негативна залежність існує між вмістом $C_{хл\ a}$ та досліджуваними гідрохімічними показниками води (відповідно r = -0,76, -0,75, -0,79, -0,84 при n = 8, $p \leq 0,05$). Аналогічна негативна кореляція зареєстрована і з вмістом $C_{хл\ c}$ (відповідно r = -0,84, -0,82, -0,72, -0,76).

У ставках Середньої балки із нижчою концентрацією забруднюваних речовин вона була позитивною між $C_{хл\ a+b+c}$ і $C_{хл\ a}$ та з концентрацією NH_4^+ (відповідно r = 0,85 і 0,86, при n = 8, $p \leq$ 0,05) і величиною відношення $NH_4^+/P_{неорг}$ (відповідно r = 0,91 і 0,91, при n = 8, $p \leq 0,05$). Також позитивна залежність існує у ставках Східної балки (з NH_4^+ вона складала r = 0,88 і 0,88 , а з $NH_4^+/P_{неорг}$ – r = 1,0 і 1,0, при n = 6, $p \leq 0,05$).

Аналогічна позитивна кореляція зареєстрована між вмістом хлорофілу *b* та величиною відношення $NH_4^+/P_{неорг}$. (r = 0,95, при n = 8, і r = 0,90, при n = 6, $p \leq 0,05$ відповідно у ставках Середньої та Східної балки).

Співставлення отриманих даних щодо відносного вмісту пігментів ($C_{хл\ a}$, %, $C_{хл\ b}$, % та $C_{хл\ c}$, %) з концентрацією біогенних сполук свідчіть про наявність між ними певного зв'язку. У ставках Західної балки встановлено достовірну негативну кореляцію між $C_{хл\ a}$, % та NH_4^+, $N_{неорг}$, величиною відношення $N_{неорг}/P_{неорг}$ і $NH_4^+/P_{неорг}$ (відповідно r = -0,74, -0,76, -0,93, -0,96, при n = 8, $p \leq$ 0,05), тоді як у ставках Середньої балки та Східної балки – вона була позитивна – з концентрацією NH_4^+ і величиною відношення $NH_4^+/P_{неорг}$. Так коефіцієнт кореляції у ставках Середньої балки складав відповідно r = 0,84 і 0,89, при n = 8, $p \leq 0,05$, а у Східної балки – r =0,79 і 0,99, при n = 6, $p \leq 0,05$.

Щодо відносного вмісту хлорофілу *b*, то у ставках Західної балки існує позитивна кореляція між цим показником та концентрацією NH_4^+ (r = 0,71, при n = 8, $p \leq 0,05$),тоді як у ставках Середньої балки вона – негативна (r = -0,81, при n = 8, $p \leq 0,05$). Позитивна кореляція була зареєстрована між $C_{хл\ c}$, % та $N_{неорг}$ і величиною відношення $N_{неорг}/P_{неорг}$ у ставках Західної балки (відповідно r = 0,91 і 0,83, при n = 8, $p \leq 0,05$), Середньої балки (відповідно r = 0,88 і 0,91, при n = 8, $p \leq 0,05$) та Східної балки

(відповідно $r = 0,95$ і 0,95, при $n = 6$, $p \leq 0,05$).

Встановлено достовірну позитивну залежність у ставках Західної балки між вмістом хлорофілу *b* та концентрацією $P_{неорг}$ ($r = 0,81$, при $n = 8$, $p \leq 0,05$). Аналогічна позитивна кореляція зареєстрована і з відносним вмістом хлорофілу *b* у ставках Західної і Східної балки (відповідно $r = 0,79$, при $n = 8$, $p \leq 0,05$, $r = 1,0$, при $n = 6$, $p \leq 0,05$). У випадку $C_{хл\ c}$, % існує негативна залежність із концентрацією $P_{неорг}$ (при $n = 8$, $p \leq 0,05$).

Згідно представлених даних можна стверджувати, що у ставках Західної балки, що зазнає значного антропогенного впливу, встановлено достовірні негативні кореляції між $C_{хл\ a}$ та його відносним вмістом, тоді як у випадку $C_{хл\ b}$ – негативна, а $C_{хл\ b}$, % – позитивна.

Список літератури

1. Медведь В.А. Влияние азотсодержащих соединений воды на пигментные характеристики фитопланктона: Автореф. дис... канд. биол. наук. Киев, 1990. 18 с.
2. Medved' V. A. Association between chlorophyll *a* content in phytoplankton and nitrogen content in water of the Dnieper Reservoirs. *Hydrobiol. J.* 1999. Vol. 35, N 1. P. 151–157.
3. Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф., Ліліцька Г.Г., Білоус О.П., Незбрицька І.М., Горбунова З.Н. Фітопланктон водойм із різним ступенем антропогенного забруднення. *Гідробіол. журн.* 2020. Т. № 1 (331). С. 15−32.
4. Щербак В.І., Семенюк Н. Є., Майстрова Н.В. Вплив біогенних елементів на фітопланктон дніпровських водосховищ .на сучасному етапі. *Гідробіол. журн.* 2026. Т. 62, № 2. С. 3−32.

УДК 574.63:579.68:504.455(477-25)

СУЧАСНА МІКРОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА САНІТАРНО-БАКТЕРІОЛОГІЧНИЙ СТАН ОЗЕРА В УМОВАХ МЕГАПОЛІСА

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

Інститут гідробіології НАН України
E-mail: jenya_star@ukr.net

Численні водойми в межах Києва є невід'ємним елементом міського середовища. Озеро Вербне (50°29'23" пн.ш., 30°30'57" сх.д.) знане як водойма в заплаві Дніпра, що зберігає з ним гідрологічний зв'язок. Воно утворилося внаслідок видобування піску у 1960-ті роки під час розбудови одного з житлових масивів мегаполіса. Сучасні морфометричні характеристики озера наступні: довжина – 1100 м, ширина – 60–240 м, середня глибина – 14 м, площа водного дзеркала – 16,4 га, площа прибережної смуги – 16,1 га. Об'єкт використовують як декоративно-рекреаційну зону з облаштованим пляжем та відповідною інфраструктурою. Водний режим оз. Вербне залежить від атмосферних опадів, поверхневого стоку і підземного живлення. За типом воно є непроточною стратифікованою водоймою безстічного типу. Через безпосередню близькість до житлової забудови, промислових підприємств та транспортних шляхів екосистема озера є вразливою до антропогенних чинників [2].

Біологічна трансформація речовини та енергії у гідроекосистемах, важливою ланкою якої є бактеріопланктон, становить підґрунтя для процесів самоочищення та формування якості води. Якість води, а саме її склад та властивості, характеризують воду як середовище проживання гідробіонтів і як ресурс для різних видів водокористування та водоспоживання.

Метою роботи було дослідити сезонну динаміку кількісного розвитку та активності функціонування бактеріопланктону в оз. Вербне. У роботі наведено результати оцінки еколого-санітарного стану водойми за мікробіологічними показниками. Дослідження проводилися протягом різних сезонів 2021–2025 рр. під час комплексних гідробіологічних спостережень на верхній ділянці Канівського водосховища. Проаналізовано санітарно-

бактеріологічні показники якості води, зокрема чисельність бактеріопланктону (ЧБП), вміст евтрофних (ЕБ) та оліготрофних бактерій (ОБ), а також наявність санітарно-показових мікроорганізмів.

Чисельність бактерій у воді є індикатором вмісту органічної речовини та ступеня її мінералізації. Навесні ЧБП змінювалася у межах 6,8–6,9 млн. кл/см^3, становлячи в середньому 6,85 млн. кл/см^3. У літній період розмах значень ЧБП був значно більшим: від 5,2 до 38,9 млн. кл/см^3. Середня величина складала 14,0 млн. кл/см^3, що вдвічі вище, ніж навесні. Восени межі флуктуації вмісту бактерій у планктоні були подібні до весняних і становили від 5,8 до 8,5 млн. кл/см^3 (в середньому 6,7 млн. кл/см^3).

Кількість евтрофних бактерій у воді, які є показником присутності легкоокиснюваної органічної речовини, весною варіювала у широких межах від 117,0 до 313,2 тис. кл/см^3, становлячи в середньому 215,1 тис. кл/см^3. Влітку діапазон коливань вмісту ЕБ був ще ширшим – від 44,1 до 424,8 тис. кл/см^3 (в середньому 212,6 тис. кл/см^3). У осінній період розмах коливань кількості ЕБ був вужчим, ніж літом: 270,4–323,4 тис. кл/см^3 (в середньому 290,3 тис. кл/см^3).

За показниками чисельності ЕБ, відповідно до системи комплексної оцінки якості поверхневих вод [3], в оз. Вербне протягом 2021–2025 рр. (за винятком літнього періоду 2021 р.) фіксували стан вод, що відповідав V класу 7 категорії – «дуже погані», за ступенем чистоти вод – «дуже брудні».

Кількість оліготрофних бактерій у воді, пристосованих до існування в середовищах із низькою концентрацією поживних речовин, навесні коливалася в межах 26,4–28,0 тис. кл/см^3, становлячи в середньому 27,2 тис. кл/см^3. Влітку розмах значень вмісту ОБ збільшився (від 18,8 до 174,5 тис. кл/см^3). Середня кількість досягала 90,2 тис. кл/см^3, що у 3,4 раза вище, ніж весною. Восени чисельність ОБ у воді була близькою до літніх показників і становила 10,0–146,4 тис. кл/см^3, складаючи в середньому 84,9 тис. кл/см^3.

Сезонна динаміка вмісту ЕБ та ОБ підтверджує, що розвиток цих еколого-трофічних груп бактерій визначається якісним та кількісним складом органічної речовини. Надходження та

накопичення забруднювальних речовин природного і антропогенного походження зумовило домінування у планктоні оз. Вербне евтрофних бактерій над оліготрофними (ЕБ/ОБ = 1,1–27,0). Мінімальне співвідношення реєстрували влітку 2023 р у західній частині озера, а максимальне – восени 2022 р. у період високого рівня води на русловій ділянці Дніпра.

Вміст санітарно-показових мікроорганізмів, що вказують на забруднення води побутовими стоками, у різні сезони коливався у широких межах. Слід зазначити, що в усіх досліджених зразках були відсутні такі патогенні бактерії, як *Escherichia coli* O157:H7, *Proteus mirabilis, Pseudomonas aeruginosa* та *Salmonella serotype Typhimurium.* Кількість кишкової палички (*Escherichia coli*) в середньому налічувала 400 КУО/100 см³, а фекальних ентерококів (*Enterococcus faecalis*) – 2100 КУО/100 см³. Майже у 20 % зразків зафіксовано перевищення санітарно-мікробіологічних норм (СанПіН № 4630-88, Директива 2006/7/ЕС від 15.02.2006 р.) за чисельністю *E. coli*. Водночас виявлені кількості *E. faecalis* не відповідали межам норм, перевищуючи їх у 1,3–18,0 рази (в середньому у 5,3 раза), що є маркером потрапляння каналізаційного та теригенного стоків у озеро. Умовно-патогенні та патогенні бактерій родів *Staphylococcus* становили 160 КУО/100 см³, *Klebsiella* – 990 КУО/100 см³, а загальна кількість бактерій роду *Salmonella* (за винятком вищезгаданого серотипу) – 540 КУО/100 см³. Хоча чисельність бактерії цих родів безпосередньо не нормується чинним законодавством, серед них можуть бути присутні збудники харчових отруєнь, інфекції шкіри та слизових оболонок.

Результати проведених досліджень свідчать, що бактеріопланктон оз. Вербне є активним учасником кругообігу речовин та енергії, проте його сучасний стан відображає глибоку антропогенну трансформацію гідроекосистеми. Висока чисельність бактеріопланктону та евтрофних бактерій є маркером інтенсивного органічного забруднення водойми. Особливу небезпеку становить систематичне перевищення норм вмісту *E. faecalis* та наявність умовно-патогенних мікроорганізмів. Це підтверджує постійне потрапляння стічних вод і робить водойму небезпечною для використання у рекреаційних цілях. Необхідно

звернути особливу увагу на санітарний стан пляжних зон, території рятувальної станції та прилеглих до озера ділянок. Важливим кроком має стати проведення інженерного аудиту прилеглих комунікацій та зливових мереж для виявлення джерел витоку господарсько-побутових стоків. Оскільки озеро має статус іхтіолого-ботанічного заказника [1], доцільно впровадити заходи з біоремедіації та посилити контроль за дотриманням режиму природоохоронної зони, обмеживши нерегульований поверхневий стік і вплив автотранспорту.

Список літератури

1. Київська міська рада народних депутатів, XVI сесія XXI скликання, Рішення від 17 лютого 1994 року N 14 «Про створення, резервування та збереження територій і об'єктів природно-заповідного фонду в м. Києві».
2. Романенко О. В., Арсан О. М., Кіпніс Л. С., Ситник Ю. М. Екологічні проблеми Київських водойм і прилеглих територій. К.: Наукова думка, 2015. 192 с.
3. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П., Яцик А. В. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: Символ-Т, 1998. 28 с.

УДК [571.5(28):591.521.11](285.3)

ОСОБЛИВОСТІ ЛОКАЛЬНИХ УГРУПОВАНЬ МАКРОЗООБЕНТОСУ У МОДЕЛЬНИХ ЛОКАЛІТЕТАХ ВЕРХІВ'Я КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

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

Інститут гідробіології НАН України
E-mail: voprogram@ukr.net

У контексті теорії метаугруповань усі процеси розглядаються в двох різних просторових масштабах: локальному (масштабі локалітету або патчу) та регіональному (масштабі регіону). Кожному з цих просторових масштабів відповідає свій рівень інтеграції угруповань: локалітету відповідає локальне угруповання, а регіону – метаугруповання [1].

У 2021 р. дослідження проводилися влітку на окремих біотопах (глибинній ділянці, мілководді та мілководді в заростях

вищої водяної рослинності (ВВР)) п'яти локалітетів верхньої частини Канівського водосховища в межах м. Києва: р. Десна, на русловій ділянці біля о. Муромець, парку «Наталка» та Північного мосту (лівий берег), а також в затоках Оболонь та Собаче Гирло.

На річкових ділянках біотопів з глибинами 3-6 м був виявлений вельми багатий видами ценоз, в якому молюски *Dreissena polymorpha* (Pallas) і *D. bugensis* (Andrusov), 1-2 види гамарид та малощитинкові черви різко домінували по чисельності та біомасі над іншими представниками макробезхребетних.

У біотопі русла р. Десна, причиною збідненого видового складу є потужна течія, протистояти котрій можуть лише крупні двостулкові молюски роду *Unio*. Зарості ВВР прибережних ділянок є фактором, що уповільнює течію та захоплює мілкодисперсні зависи, утворюючи потужні мулові відкладення з бідним у якісному відношенні, але значною чисельністю тих же червів-тубіфіцид, класичних індикаторів органічного забруднення.

Схожою виявилася ситуація на станції біля о. Муромець, що отримала сапробіологічну оцінку якості води за категорією «Погані». Слідством цьому також є гідрологічні фактори. Зустрічаючись з русловою течією р. Дніпро, деснянський потік утворює місцевий вир, який виконує роль пастки для зависей і є причиною присутності тут потужних мулових відкладів з домінуванням представників малощетинкових червів р. *Tubifex* та личинок хірономід р. *Chironomus*.

Важливим фактором впливу на розвиток угруповань макробезхребетних виступає тип субстрату. Донні відклади у затоці Собаче Гирло представлені чистим і слабо замуленим піском на літоралі прируслової ділянки, замуленим піском – на мілководді незарослої акваторії затоки та сильно замуленим піском – серед макрофітів. На слабко замулених пісках літоралі, був зустрінутий достатньо різноманітний у фауністичному відношенні ценоз. Про це свідчать найвищі серед усіх досліджених локалітетів у 2021 р. значення показників видового багатства та біорізноманіття. Види-індикатори оцінювали ступінь чистоти (забрудненості) категоріями «слабко забруднені» (біотопи заростей) та «досить чисті» (біотоп на чистоводді).

Течія та її швидкість є тут головним фактором який слугує екологічним «інструментом», що робить межі між локалітетами проникними, формуючи шляхи переміщення організмів, трансформуючи структуру угруповань і відповідно впливаючи на різноманітність місцевих видів.

Три досліджені біотопи біля ділянки Північного мосту на лівому березі мали категорію «Погані». Очевидно, тут мало місце суттєве перемішування основної течії русла з потужним, під час злив, потоком забруднених змивів з територій міста, що скидаються з колектора розташованого вище по течії на правому березі.

Таким чином, механізми формування структури та динаміки досліджених локалітетів київського річкового району верхньої частини Канівського водосховища обумовлені особливостями морфометрії та гідрологічного режиму з яких вирішальними є характер течії та донних відкладів [2].

Список літератури

1. Leibold M. A., Hoyoak M., Mouquet N. et al. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters*. 2004. Vol. 7. P. 601–613. https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2004.00608.X.
2. Старосила Є.В., Рибка Т.С., Воліков Ю.М. та ін. Вплив аномального режиму роботи Київської ГЕС та непрогнозованого водообміну на окремі елементи біоти різних локалітетів метаугруповань. *Тернопільські біологічні читання – Ternopil bioscience – 2024*: VIII Міжнар. наук.-практична конф., 18-19 квітня, 2024. Тернопіль: Вектор, 2024. С. 388–391.

УДК 574.5 (574.63:579)

ЧИННИКИ ТРАНСФОРМАЦІЇ СТРУКТУРИ УГРУПОВАНЬ ЗООПЛАНКТОНУ У АНТРОПОГЕННО ЗМІНЕНОМУ ВОДНОМУ ОБ'ЄКТІ

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

Інститут гідробіології НАН України
E-mail: tanyar07@ukr.net

Значення гідрохімічних показників та мікробіологічних характеристик є важливими індикаторами стану водних екосистем, які визначають інтенсивність біохімічних процесів та мінливість структури різних груп гідробіонтів. Бактеріальні угруповання здійснюють мінералізацію органічної речовини, формуючи основу трофічних і функціональних зв'язків. Тоді як значення гідрохімічних показників регулюють метаболічні процеси та впливають на біологічну продуктивність і видовий склад організмів. Комплексна їх взаємодія зумовлює короткотривалі та довготривалі зміни в екосистемах, що може впливати на кількісний розвиток та видове різноманіття зоопланктону [2, 3, 4].

Озеро Вербне є модифікованою людиною водоймою, гідрологічний режим якого визначається поєднанням природних та антропогенних чинників, зокрема коливаннями рівня води та природними опадами. Тривале антропогенне навантаження призводить до погіршення екологічного стану озера, що проявляється у високій чисельності бактеріопланктону та підвищених концентраціях органічних і біогенних речовин [2]. Збільшення мінералізації води стає зростаючою загрозою для водних екосистем, оскільки негативно впливає на гідробіоту [1]. У зв'язку з цим дослідження ролі гідрохімії та бактеріопланктону є важливим для розуміння механізмів функціонування прісноводних екосистем та їхньої екологічної трансформації [3, 4].

Комплексні гідробіологічні дослідження оз. Вербного проводились протягом 2023–2025 років. Під час досліджень у 2023 р. видовий склад зоопланктону нараховував 14 видів. При цьому, спостерігались сприятливі умови для розвитку дрібних фільтраторів та коловерток (*Chydorus, Bosmina, Asplanchna, Euchlanis*). Чисельність коливалась в межах 1–87 екз/м³, а біомаса – 0,002–1,107 г/м³. Виявлені значення гідрохімічних показників (температура води коливалася в межах 20,7–23,3 ^{0}С, концентрація розчиненого кисню — 6,3–11,4 мг О/дм³, азоту амонійного – 0,371–0,723 мг N/дм³, азоту нітритного — 0,003–0,004 мг N/дм³мг/л, азоту нітратного — 0,017–0,025 мг N/дм³, фосфору фосфатів — 0,031–0,041 мг Р/дм³, pH — 8,0–9,0) та відносно інтенсивний розвиток оліготрофних бактерій (112,8–

174,5 тис. кл/см^3), свідчив про відсутність високих концентрацій органічної речовини, що позитивно впливало на структурні показники зоопланктону.

Кількісні показники зоопланктону у 2024 р. були невеликими. Чисельність коливалася у межах від 8 до 13 тис. екз/м^3, а значення показника біомаси — від 0,096 до 0,107 г/м^3. Видовий склад зоопланктону у водоймі нараховував лише 6 видів. Веслоногі ракоподібні на дорослих стадіях розвитку були відсутні, зустрічалися лише Nauplii та Cyclopoida juv. Зафіксовано критично низькі показники розвитку зоопланктону влітку, коли були відмічені тільки веслоногі рачки на ранніх стадіях розвитку. У цей період року спостерігалось підвищення концентрацій біогенних елементів (фосфору фосфатів – 0,202 мг Р/дм^3, азоту нітратного – 0,092 мг N/дм^3) та зниження розчиненого кисню (до 4,09 мг О/дм^3), що є характерним для гіпоксічних умов середовища. При цьому кількість оліготрофних бактерій знизилася до 20 тис. кл/см^3, а чисельність евтрофних, *адаптованих до високих концентрацій легкодоступної органічної речовини,* збільшилася до 424,8 тис. кл/см^3. Такі значення показників можуть бути індикаторами порушення динамічної рівноваги процесів продукції та деструкції у водних екосистемах під час антропогенного евтрофування [4]. Все це зумовлює стресові умови для представників різних груп зоопланктону та негативно впливає на їх розвиток.

Дослідження озера у 2025 р. виявили покращення значень кількісних показників зоопланктону, чисельність досягала 27 тис. екз./м^3, а біомаса – 0,451 г/м^3. Видовий склад зоопланктону нараховував 8 видів. Поодиноко були відмічені Harpacticoida sp. та личинки двостулкових молюсків. Черепашкові ракоподібні (Ostracoda) були відсутні. У цей період зафіксовано зниження концентрації фосфору фосфатів (0,063 мг Р/дм^3) та чисельності евтрофних бактерій (117 тис. кл/см^3). Знову були зустрінуті види з родин *Euchlanis, Lecane, Bosmina, Chydorus, Thermocyclops*, а також спостерігався масовий розвиток коловертки *Asplanchna priodonta* (Gosse).

Результати проведених досліджень свідчать, що оз. Вербне продовжує зазнавати постійного антропогенного впливу з боку

мегаполісу, що суттєво позначається на гідрохімічному режимі, а також структурі мікробіологічних та зоопланктонних угруповань. Встановлено, що взаємодія отриманих значень гідрохімічних та мікробіологічних показників спричиняти вплив на зміни у структурі угруповань зоопланктону та їх стійкість до природних і антропогенних чинників. Погіршення гідрохімічних характеристик, а саме підвищення концентрацій азоту нітратів та фосфору фосфатів, стимулює розвиток фітопланктону, який є основним джерелом надходження органічної речовини у водне середовище [1]. Наслідком біогенного стресу, що виникає, є явища гіпоксії та підвищення токсичності, які негативно впливають на рівень розвитку зоопланктону. В свою чергу, чисельність еколого-трофічних груп бактеріопланктону залежала як і від відповідних гідрохімічних показників, так і впливу на них рівня розвитку зоопланктону.

Список літератури

1. Линник П. М., Жежеря В. А. Особливості динаміки окремих елементів гідрохімічного режиму малих водойм урбанізованої території: кисневий режим та мінералізація води. *Гідробіол. журн.* 2022. Т. 58. № 2. С. 99–116.
2. Старосила Є. В., Лінчук М. І., Воліков Ю. М., Рибка Т. С. Бактеріальні угруповання та гідрохімічні показники київської ділянки Канівського водосховища. IX *Міжнар. наук.-практична конф.: «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025»*, 1-2 трав. 2025. Тернопіль: Вектор, 2025. С. 215–218.
3. Jurges K., Arndt H., Rothhaupt K.тO. Zooplancton-mediated changes of bacterisl commumity structure. *Microb. Ecol.* 1994. Vol. 27. P. 27–42.
4. Starosyla Ye. V., Yuryshynets V. I. Bacterioplankton and bacteriobenthos as ecological indicators of the reservoirs' ecology-sanitary state and the safety of water use. *Hydrobiol. J*. 2023. Vol. 59, N 6. P. 58–70.

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРИРОДИ І РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 632.937

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН

Крижановська М., Антонюк А.

Тернопільський національний педагогічний
університет імені Володимира Гнатюка
E-mail: kryganovska@chem-bio.com.ua

У сучасному аграрному виробництві забезпечення стабільної врожайності та якості продукції неможливе без застосування комплексу заходів, спрямованих на обмеження впливу шкідливих організмів. Центральне місце в цій системі посідають засоби захисту рослин, які виступають як інструмент регулювання фітосанітарного стану агроценозів. Їх використання обумовлене необхідністю мінімізації втрат урожаю, що можуть сягати значних величин у разі поширення бур'янів, шкідників і збудників хвороб [1]. Згідно з чинним нормативним підходом, засоби захисту рослин розглядаються як препарати або їх суміші, призначені для запобігання, знищення чи контролю шкідливих організмів, а також регулювання ростових процесів рослин У науковій площині поняття засобів захисту рослин значно ширше, адже включає не лише хімічні препарати, але й біологічні агенти, мікробіологічні засоби та інші компоненти інтегрованого захисту [4].

Сутність засобів захисту рослин полягає у їх здатності впливати на життєві процеси шкідливих організмів або створювати умови, несприятливі для їх розвитку. Цей вплив може реалізовуватися через різні механізми – від безпосереднього токсичного ефекту до порушення фізіологічних функцій або конкурентного витіснення. Водночас застосування таких засобів пов'язане з низкою екологічних та економічних аспектів, що зумовлює необхідність їх раціонального використання в межах інтегрованих систем землеробства [2].

Застосування хімічних пестицидів становить значну

небезпеку для здоров'я людей і навколишнього середовища, адже ці речовини можуть накопичуватися у ґрунті, водних ресурсах та харчових продуктах, негативно впливаючи на біорізноманіття та природний баланс екосистем. Використання біологічних засобів захисту рослин сприяє збереженню природних ресурсів, підвищенню якості і виробництва безпечної, екологічно чистої сільськогосподарської продукції та підтримці принципів сталого розвитку.

Біологічний підхід вирізняється мінімальним впливом на навколишнє середовище порівняно з хімічними засобами, знижує ризик розвитку резистентності шкідників і дозволяє зберегти біологічну рівновагу агроекосистем [3, 4].

Сутність біологічного методу полягає у використанні природних механізмів регуляції чисельності шкідливих організмів. До них належать хижі та паразитичні комахи, мікроорганізми-патогени, нематоди, а також рослинні антибіотики. Відповідно до цільового об'єкта, біологічні засоби поділяють на ті, що контролюють комах-шкідників, збудників хвороб або бур'яни. Наприклад, у боротьбі з комахами широко застосовують ентомофагів, таких як хижі жуки родини *Coccinellidae*, що живляться попелицями, або паразитичні оси *Trichogramma*, які відкладають яйця у яйцях шкідників, перериваючи їхній життєвий цикл. Аналогічно, для контролю грибкових захворювань використовують мікробіологічні препарати на основі бактерій *Bacillus subtilis*, які виділяють антибіотичні сполуки, що пригнічують розвиток патогенних грибів [5].

Біологічні методи також активно застосовуються проти бур'янів. Серед прикладів – використання специфічних грибків роду *Puccinia* для контролю амброзії, що дозволяє значно знизити її поширення без шкоди для культурних рослин. Інший ефективний підхід – застосування комах-фітофагів, таких як *Zygogramma bicolorata*, що живляться листям аборигенних бур'янів, зменшуючи їх конкурентний вплив на сільськогосподарські культури. Використання таких агентів потребує ретельного моніторингу, оскільки їхнє впровадження має бути сумісним із місцевою екосистемою [5].

За походженням біологічні засоби контролю поділяють на живі організми та продукти їх життєдіяльності. До перших належать хижі та паразитичні комахи, нематоди та ентомопатогенні гриби, які безпосередньо знищують шкідників або пригнічують їх розвиток. До другої групи відносять бактеріальні, грибкові та рослинні біопрепарати, які виділяють токсини або стимулюють природні захисні реакції рослин [2]. Наприклад, препарати на основі *Bacillus thuringiensis* широко використовуються для контролю лускокрилих шкідників: токсин, що продукується бактерією, викликає загибель личинок шкідника після споживання обробленого листя. Цей метод дозволяє уникнути масового застосування хімічних інсектицидів і зменшити ризик накопичення токсичних речовин у ґрунті та продукції [4].

Контроль хвороб рослин також реалізується за допомогою біологічних агентів. Прикладами є застосування грибів роду *Trichoderma*, які пригнічують розвиток патогенних грибів через конкуренцію за простір і поживні речовини, а також виділення антибіотичних сполук. Біологічні фунгіциди на основі *Pseudomonas fluorescens* здатні підвищувати стійкість рослин до патогенів, стимулюючи їх імунну систему. Цей підхід дозволяє поєднати профілактичні та лікувальні ефекти без значного впливу на екологію [5].

Ефективність біологічного контролю залежить від правильної інтеграції методів у технологічні системи землеробства. Найбільш доцільним є комбіноване застосування агротехнічних прийомів, біологічних агентів і поміркованої кількості хімічних препаратів у разі необхідності. Наприклад, у системах органічного землеробства поєднують сівозміну, мульчування та використання живих ентомофагів, що дозволяє підтримувати популяції шкідників на безпечному рівні та підвищувати загальну продуктивність культур. Також важливим аспектом є своєчасний моніторинг чисельності шкідників і стану рослин, що дозволяє застосовувати біологічні засоби саме тоді, коли вони максимально ефективні [2].

У сучасному сільському господарстві України біологічні методи контролю шкідливих організмів набувають практичного

значення не лише як екологічна альтернатива, а як економічно обґрунтований інструмент стабілізації врожайності. Виходячи з вищенаведеного, в умовах України біологічний контроль шкідників, хвороб і бур'янів є реальним і практично виправданим напрямом розвитку сучасного землеробства, однак його ефективність визначається комплексністю підходу, точністю виконання технологічних операцій і врахуванням природно-кліматичних особливостей регіону.

Список літератури

5. Вдовенко Н., Томілін О., Коваленко Л., Гечбаия Бадрі, Кончаковський Є. Світові тенденції та перспективи розвитку ринку засобів захисту рослин. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2022. Vol. 8, No. 2. Pp. 179-205
6. Жуйков О. Г. Біологічний метод захисту рослин у сучасному органічному землеробстві України: історичні аспекти, тренди, перспективи. URL: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.
7. Камінський В. Ф. Біологічне землеробство в умовах зміни клімату. Посібник українського хлібороба. 2017. № 1. С. 28–31.
8. Крутякова В., Гулич О., Янсе Л. Стан і проблеми ринку біологічних засобів захисту рослин в Україні. *Вісник аграрної науки.* 2023. №1 (838). С. 30-39.
9. Simiachko O., Mykhailova G. 2025. The market of plant protection products in Ukraine. *Commodity science. Technologies. Engineering*. 55, 3 (Sep. 2025), 19–40. DOI: https://doi.org/10.31617/2.2025(55)02.

УДК 632.95

ЕКОТОКСИЧНІСТЬ АГРОХІМІКАТІВ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

Крижановська М., Румак Т.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: kryganovska@chem-bio.com.ua

Сучасний розвиток сільського господарства характеризується інтенсивним використанням агрохімічних засобів, що дозволяє підвищувати врожайність і забезпечувати стабільність виробництва продовольства. Водночас широке застосування гербіцидів, інсектицидів, фунгіцидів і мінеральних добрив супроводжується зростанням антропогенного навантаження на довкілля. Значна частина діючих речовин агрохімікатів здатна накопичуватися у ґрунті, мігрувати у водні об'єкти та впливати на живі організми, включаючи мікрофлору, рослини, тварин і людину. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема оцінки екотоксичності агрохімікатів та пошуку ефективних способів її зниження.

Екотоксичність агрохімікатів визначається не лише їх прямою отруйною дією, а й здатністю довгий час зберігатися в навколишньому середовищі, накопичуватися в живих організмах і передаватися через харчові ланцюги. Це означає, що навіть речовини з відносно низькою миттєвою токсичністю можуть становити серйозну небезпеку, якщо вони повільно розкладаються або активно акумулюються у ґрунті, воді чи біоті [2].

Однією з ключових характеристик сучасного підходу є врахування тривалості існування агрохімікатів у довкіллі. Багато сполук після внесення в ґрунт не зникають одразу, а проходять складні процеси трансформації. Крім того, значна частина агрохімікатів здатна мігрувати – переходити з ґрунту у воду, випаровуватися в атмосферу або переноситися з пилом. У результаті забруднення перестає бути локальним і набуває регіонального або навіть глобального характеру [2].

Особливої уваги заслуговує вплив агрохімікатів на ґрунтові екосистеми. Ґрунт є складною живою системою, в якій

взаємодіють мікроорганізми, гриби, безхребетні та корені рослин. Ці компоненти забезпечують кругообіг поживних речовин, формування структури ґрунту та його родючість. Потрапляння токсичних речовин порушує цю рівновагу та може призвести до виснаження ґрунтів і зниження їх продуктивності. Не менш важливим є вплив на водні ресурси. Агрохімікати часто змиваються з полів дощовими водами та потрапляють у річки, озера і підземні води. Навіть у невеликих концентраціях вони здатні негативно впливати на водні організми – від мікроскопічних водоростей до риб. Порушення рівноваги у водних екосистемах може проявлятися у зменшенні біорізноманіття, зміні видового складу та появі так званих «цвітінь» води, що пов'язані з надмірним розвитком окремих груп організмів [1].

Сучасні дослідження показують, що агрохімікати можуть впливати не лише на окремі організми, а й на цілі екосистеми. Це відбувається через складні взаємозв'язки між видами. Наприклад, зниження чисельності комах-запилювачів під дією пестицидів призводить до погіршення запилення рослин, що, у свою чергу, впливає на врожайність і структуру рослинних угруповань [3].

Ще одним важливим аспектом є біоакумуляція – процес накопичення токсичних речовин у живих організмах. Агрохімікати можуть накопичуватися в тканинах рослин, тварин і людини. При цьому концентрація речовини зростає з кожним наступним рівнем харчового ланцюга. Наприклад, речовини, що потрапили у воду, можуть накопичуватися у водоростях, далі – у дрібних водних організмах, потім – у рибах і, зрештою, у людини. Вони можуть порушувати ферментативні процеси, блокувати передачу нервових імпульсів, змінювати гормональний баланс або впливати на клітинні структури. Це створює додаткові ризики, оскільки навіть низькі концентрації в середовищі можуть призводити до значного накопичення в організмах [2, 3].

Особливо чутливими до агрохімікатів є безхребетні організми, зокрема комахи. Практика показує, що навіть ті препарати, які спрямовані проти шкідників, можуть негативно впливати на корисних видів. Це, у свою чергу, має прямі наслідки для рослинництва, адже значна частина культур залежить від запилення. У водному середовищі агрохімікати діють інакше, але

не менш небезпечно. Потрапляючи у водойми, вони впливають на найпростіші організми, які є основою харчових ланцюгів. Зміни на цьому рівні швидко передаються вгору – до безхребетних, риб та інших водних мешканців. Часто спостерігається зниження різноманіття видів і домінування окремих, більш стійких до забруднення організмів. Це свідчить про деградацію екосистеми, навіть якщо зовні водойма виглядає нормально [1].

Окремої уваги потребує процес накопичення агрохімікатів у продуктах харчування. Рослини здатні поглинати ці речовини з ґрунту та води, після чого вони потрапляють у харчовий ланцюг. При цьому концентрація може зростати на кожному наступному рівні. результаті навіть незначне забруднення може мати відчутні наслідки для людини [2].

З огляду на ці фактори, сучасна система оцінки екотоксичності базується на принципі комплексності. Враховуються не лише лабораторні показники, а й поведінка речовин у природних умовах. Оцінюється їх здатність до міграції, трансформації, накопичення та впливу на різні компоненти екосистеми. Важливу роль відіграють польові дослідження, які дозволяють виявити довгострокові наслідки застосування агрохімікатів. Паралельно розвиваються підходи до зменшення екотоксичного навантаження. Одним із напрямів є вдосконалення самих препаратів. Сучасні агрохімікати розробляються з урахуванням вимог до швидкого розкладання та меншої здатності до накопичення. Це дозволяє зменшити їхній вплив на довкілля без втрати ефективності. Іншим важливим підходом є оптимізація способів застосування. Передбачається точне дозування, вибір часу внесення та використання технологій, які зменшують втрати речовин [4].

Значну роль відіграє перехід до більш екологічно орієнтованих систем землеробства. Це включає використання біологічних методів захисту рослин, сівозміни, підвищення біорізноманіття агроландшафтів. Такі підходи дозволяють зменшити залежність від хімічних засобів і, відповідно, знизити екотоксичне навантаження. Важливим елементом є також контроль і нормування використання агрохімікатів [4, 5].

Проте сучасні уявлення показують, що навіть дотримання

цих норм не завжди гарантує повну безпеку, оскільки вони часто не враховують комбіновану та довготривалу дію речовин. Тому система регулювання поступово вдосконалюється, включаючи нові критерії оцінки. Це дозволяє більш обґрунтовано оцінювати ризики та формувати стратегії, спрямовані на збереження довкілля при одночасному забезпеченні потреб сільського господарства [5].

Список літератури

1. Войціцький В.М., Хижняк С.В., Данчук В.В., Мідик С.В., Грищук І.А., Ушкалов В.О. Екологічні ризики: природа і критерії. Екологічні науки. 2020. № 4 (31). С. 131–135.
2. Коршун М. М., Мартіянова Ю. В., Горбачевський Р. В. Гігієнічна оцінка міграції нових пестицидів із ґрунту в нижні шари атмосферного повітря. Доповіді Вінницького національного медичного університету. 2023. Вип. 27 (1). С. 144–149.
3. Монарх В. В. Оцінка екологічних ризиків забруднення пестицидами компонентів агроекосистеми. Збалансоване природокористування. 2014. № 1. С. 206–212.
4. Палапа Н. В., Гончар С. М. Екологічні ризики, пов'язані із сільськогосподарською діяльністю людини. Агроекологічний журнал. 2022. №1. С. 68–80.
5. Bhakta I., Phadikar S., Majumder K. State of the art technologies in precision agriculture: a systematic review. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019. Vol. 99 (11). P. 4878–4888

УДК 502.17:630*18

ЗБЕРЕЖЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Пучка О. В., Любинський О. І.

Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка
E-mail: lubin.alex@gmail.com

Збереження лісових генетичних ресурсів *in situ* забезпечує підтримання природного фонду генетичної мінливості без обмеження дії механізмів природного добору. За відсутності

масштабних генетичних порушень мінливість цільових видів зберігається на високому рівні, що створює основу для адаптації популяцій до змін навколишнього середовища. Таким чином, стратегія *in situ* має динамічний характер, оскільки дозволяє генетичній структурі популяцій змінюватися з часом відповідно до екологічних умов [1].

Оцінювання біологічного різноманіття та пов'язаних із ним екосистемних послуг є одним із ключових напрямів сучасних наукових досліджень і державної екологічної політики [2].

Для дослідження біорізноманіття на локальному, регіональному та глобальному рівнях застосовують як традиційні польові методи, так і сучасні технології дистанційного моніторингу [3].

Природоохоронні заходи орієнтовані на захист і підтримання біорізноманіття у природних ареалах існування. Важливу роль відіграє залучення місцевих громад, етнічних груп та інших зацікавлених сторін до процесу ухвалення рішень [4].

Подолання основних загроз біорізноманіттю, серед яких руйнування біотопів, надмірне використання природних ресурсів, забруднення, поширення інвазивних видів і зміна клімату, є необхідною умовою збереження екосистемних послуг та підтримання стабільності природних і соціальних систем [5].

Міжнародна співпраця, заснована на реалізації Конвенції про біологічне різноманіття та Рамсарської конвенції, створює підґрунтя для координації дій у сфері збереження та сталого використання біорізноманіття. Водночас просвітницька діяльність, інформаційні кампанії та комунікаційні заходи сприяють формуванню екологічної свідомості населення та підтримці природоохоронних ініціатив [6, 7].

Ліси України мають виняткове значення для збереження біорізноманіття та пралісових екосистем у європейському масштабі. В умовах кліматичних змін вони відіграють важливу роль у забезпеченні екологічної, економічної та соціальної стабільності регіону [8].

Сертифікація лісокористування за системою FSC сприяє підвищенню довіри інвесторів, партнерів та споживачів до ведення лісового господарства відповідно до міжнародних

стандартів сталого управління [9].

Серед основних загроз стійкому лісокористуванню та адаптації до кліматичних змін визначають зростання викидів парникових газів, високий рівень забруднення атмосферного повітря, водних і земельних ресурсів, недосконаліть системи державного екологічного контролю та недостатню ефективність моніторингу довкілля [10].

У межах програми «Відбудова чистого та захищеного середовища» передбачено реалізацію 76 природоохоронних проєктів загальною вартістю 25,5 млрд євро [11].

Попри складні соціально-економічні умови, Україна продовжує реалізовувати курс Європейського зеленого курсу (Green Deal) та принципи сталого розвитку. У сфері охорони довкілля виконано 61 % вимог, необхідних для вступу до ЄС, створено мережу природоохоронних територій європейського значення площею близько 8 млн га, започатковано програму «Зелена країна» та впроваджено нову кліматичну політику [12].

Важливою умовою є забезпечення сталого управління лісами, спрямованого на підтримання біологічного різноманіття та збалансування екосистемних функцій лісу [13].

Рівень інвестицій у лісовідновлення в країнах ЄС значно перевищує відповідний показник в Україні: у середньому 24 долари США на 1 га проти 0,3 долара США на 1 га в Україні [14].

Ліси виконують важливі екосистемні функції. За попередніми еколого-економічними оцінками, сукупна вартість екосистемних функцій лісів України становить близько 123,8 млрд грн (4,7 млрд дол. США). З урахуванням цієї ролі потенційний внесок лісового господарства у валовий внутрішній продукт країни може зрости з 0,7 до 3,2 % [15, 16].

Список літератури

1. Ткач В. П., Лось С. А., Висоцька Н. Ю., Терещенко Л. І., Торосова Л. О. Стан світових лісових генетичних ресурсів у світі й Україні. *Генетичні ресурси рослин*. 2019. № 25, С 26-40.
2. Васенко О. Г., Міланіч Г. Ю. Оцінка екосистемних послуг водних об’єктів України. *Проблеми охорони навколишнього*

природного середовища та екологічної безпеки. 2018. № 40. С. 71–84.
3. Яшкіна В. Інструментарій фінансування екосистемної адаптації до зміни клімату. *Економіка природокористування і сталий розвиток.* 2021. № 10 (29). С. 77–86.
4. Кошіль А. І., Мельянкова Л. В. Управлінська звітність в інформаційно-технологічному забезпеченні. *Acta Academiae Beregsasiensis.* 2023. № 3. С. 338–344.
5. Варга Л. С., Пузир О. О., Лозінська Т. П. Проблеми збереження біорізноманіття лісів. Технології, інструменти та стратегії реалізації наукових досліджень: матеріали конференцій МЦНД. Міжнародний центр наукових досліджень, 2020. С. 59–61.
6. Веклич О. О. Визначення економічного збитку від погіршення/знищення екосистемних послуг. *Економіка природокористування і сталий розвиток*. 2018. № 1–2. С. 43–48.
7. Суєтнов Є. П. Екосистемний підхід як основа Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат. *Екологічне право*. 2020. № 1. С. 24–30.
8. Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. https:// zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%- 80#Text.
9. Сертифікація ланцюга поставок. https://ua.bmcertification.com
10. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року. http://www.ua.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_- Strat egy_v06-optimized.pdf
11. Екологічні реформи України на шляху до ЄС. *Економічна правда.* https://www.epravda.com.ua/columns/2022/08/10/690226.
12. Дерево з'їдає корупція. У Раді опублікували звіт ТСК про лісову галузь https:// www.openforest.org.ua/255703/
13. Лісова стратегія ЄС до 2030 року. https://ligno.com.ua/uk/news/67_eu-forest-strategyfor-2030.html

14. Уряд дав старт реформі лісової галузі. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-davstart-reformi-lisovoi-haluzi
15. Економічна оцінка екосистемних послуг лісів України: Наукове видання. В. П. Ткач, Н. Ю. Висоцька, А. С. Торосов та ін. Харків: УкрНДІЛГА, 2023. 28 с.
16. Мішенін Є. В., Ярова І. Є., Мішеніна Г. А., Дутченко О. М. Глобальне лісове господарство: міжнародні та національні стратегічні орієнтири сталого просторового розвитку. *Збалансоване природокористування*. № 1. 2021, С.42-51.

УДК 630*231

ВІДТВОРЕННЯ КОРІННИХ НАСАДЖЕНЬ У ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «МЕДОБОРИ»

Бачинська У. О.

Природний заповідник «Медобори», смт. Гримайлів
E-mail: ulianabachynska@gmail.com

Тривалий антропогенний вплив на ліси природного заповідника «Медобори», інтенсивна попередня лісогосподарська діяльність призвели до ослаблення ценотичних позицій дуба звичайного й бука лісового та до заміни корінних дібровних типів деревостану похідними дегресивними модифікаціями з нижчим, ніж у корінних лісостанів, середовище-стабілізуючим ефектом. Найменшу цінність похідні деревостани мають також щодо збереження генофонду й біорізноманіття подільських дібров. З метою виведення головних лісоутворюючих порід у перший ярус та формування складної багатоярусної структури насаджень, які б відповідали едафо-кліматичним умовам території, доцільно з допомогою природоохоронних реконструктивно-відновлювальних заходів сприяти процесу відтворення деревостанів за типом корінних. Водночас необхідно застосовувати заходи з попередження небажаних змін порід – на певній стадії деградації деревостану вони можуть виявитися незворотними [1, 8]. Проведення заповідно-режимних заходів суворо регламентується ст. 16 Закону України «Про природно-заповідний фонд» та визначається Проєктом організації території.

Досліди з визначення впливу інтенсивності рубок догляду на хід росту культур проводилися на постійній пробній площі, закладеній для вивчення впливу інтенсивності рубок догляду на хід росту культур Краснянського природоохоронного науково-дослідного відділення кв. 62 в. 15, 16, 17, 18 природного заповідника «Медобори» [8]. Рельєф місцевості, де закладена пробна площа – хвилястий, ґрунт – сірий лісовий суглинковий на лесовидних суглинках і глинах, тип умов місцезростання – d_2, тип лісу – свіжа грабова діброва. Пробна площа закладена в культурах дуба звичайного, 1990 року, створених на вирубці 1988 року, підготовка ґрунту тракторною фрезою. Попереднє насадження 9Гз1Бп+Клг, повнотою 0,7 віком 70 р. Схема посадки 6х0,7 м. Склад 8Дз2Бкл. Дуб звичайний – дворічні саджанці, вирощені в розсаднику, бук лісовий 2-3 річні саджанці з-під намету лісу. Приживлюваність 94%. Пробна площа складається з чотирьох секції по 1 га. Через особливість розміщення пробних площ, на першій і другій секціях при закладанні пробної було обліковано дещо меншу кількість дерев – 833 екз, та 800 екз проти 1322 екз та 1363 екз. на третій і четвертій. Починаючи з моменту створення в дослідних культурах ведуться періодичні спостереження і обміри, результати яких приведені у Літописах природи[2, 3, 4, 5, 6, 7].

На кожній секції проводилися доглядові рубання з різною інтенсивністю. У 1997 році у віці культур 8 років проведено освітлення, із видаленням із міжряддя підросту супутніх порід з інтенсивністю на першій секції 26%, на третій – 37%, на четвертій – 22%, при цьому дуб у рядах не проріджували. У 2002 році у віці культур 13 років –прочищення, у 2012 році (вік культур 23 роки) – реконструктивне рубання методом проріджування з інтенсивністю на першій секції – 35%, на третій – 55%, на четвертій – 45%, відповідно, при цьому вибиралися переважно супутні породи, а з рядів дуба лише сухостійні і ослаблені дерева. Секція 2 контрольна, на яку, після посадки культур, втручання не було. На секціях пробної площі проведено суцільний перелік лісових культур і природного поновлення, визначені таксаційні показники насадження до проведення догляду та після нього. Ступінь зріджування визначався відношенням кількості дерев, що залишилися після рубання до початкової. Більше втручання в

деревостан на пробній площі не було.

До тринадцятирічного віку середня висота дуба звичайного на всіх чотирьох секціях майже не відрізняється. Починаючи з вимірювань 2010 року (вік насадження 21 рік) найбільші значення середньої висоти спостерігаються на третій секції (55%), середнього діаметра – на четвертій (45%), а найменші на контрольній другій секції.

Найбільша кількість дерев дуба звичайного у 2025 році обліковувалася на третій секції. Найменша – на другій (контрольна). Дуб тут зберігся лише вздовж межі пробної, де освітленість дещо краща ніж в середині ділянки, відпало 94% дуба від посадженої кількості, на першій, третій та четвертій секціях, відповідно, 61%, 66% та 72%.

У 2025 році у віці 36 років запас деревини на першій секції 219 м^3/га, з них дуба – 88 м^3/га, на третій – 238 м^3/га, з них дуба – 144 м^3/га, на четвертій – 214 м^3/га, з них дуба – 133 м^3/га. На другій секції (контроль) дуб зберігся біля просіки, де краще освітлюється, має запас 4 м^3/га; загальна продуктивність насадження формується грабом, березою, осикою, вербою і становить 299 м^3/га; на ділянці 56 м^3/га грабового, березового, вербового сухостою. Середня висота основної лісотвірної породи дуба звичайного найвища на секції 3– 21,3 м, а найменша – на секції 2 (контроль) 16,1 м. На першій (35%) та четвертій (45%) секціях середня висота становить 18,5 м та 19,4 м відповідно. Середній діаметр дуба звичайного найменший на контрольній другій секції – 14,2 см, найбільший – на четвертій секції 21,3 см, на першій і третій секціях відповідно 19,1 см та 19,5 см. Середні діаметри на кожній секції за крайні п'ять років зросли від 13,1-16,0 см до 14,2-21,3 см, висоти – від 15,3-17,0 м до 16,1-21,4 м.

Для Заповідника важливим є питанням про форму і масштаби втручання в природний хід сукцесій лісового ценозу з метою сприяння відновленню, в першу чергу, дуба та гальмування негативного впливу супутників. В умовах заповідності втручання в хід природних процесів допустиме лише в тому разі, якщо існує загроза для досягнення кінцевої мети – відтворення корінного деревостану. Проведені дослідження підтверджують, що в умовах природного заповідника «Медобори» активні природоохоронні

заходи на ранніх етапах розвитку культур є необхідними для збереження дуба звичайного. Без регуляторного втручання природна сукцесія веде до зміни корінних порід похідними, що знижує екологічну цінність лісу. Найбільш ефективним виявилося інтенсивне проріджування (45–55%), яке забезпечило виведення дуба у перший ярус та формування стійкого деревостану. Втручання в природні процеси в умовах заповідності є виправданим, оскільки воно запобігає незворотній деградації екосистем та сприяє відновленню корінних фітоценозів.

Список літератури

1. Бондаренко В. Д., Криницький Г. Т., Крамарець В. О. та ін. Стратегія і тактика природоохоронної діяльності лісового заповідника (на прикладі природного заповідника «Медобори») Львів, СПОЛОМ, 2006. 408 с.
2. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 1996. Книга 1.Том 1. С.40-43.
3. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 2006. Книга 13. С.84-90, 288-301.
4. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 2011. Книга 18. С.80-87, 293-311.
5. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 2016. Книга 23. С.124-147, 421-441.
6. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 2021. Книга 28. С.141-170, 528-547.
7. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 2026. Книга 33. С.155-233, 678-687.
8. СОУ 02.02-37-476: 2006. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. Київ : Мінагрополітики України, 2006. 32 с.
9. Швиденко А. Й., Остапенко Б. Ф. Лісознавство: підручник. Чернівці: Зелена Буковина, 2001. 358 с.

УДК 58.502.75

ОСОБЛИВОСТІ КАЛЕНДАРЯ ПРИРОДИ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ» (2020-2025 рр.)

Козира Л. Я.

Природний заповідник «Медобори», смт. Гримайлів
E-mail: lesiakozyra@gmail.com

Фенологічні спостереження на території природного заповідника «Медобори» проводяться з часу його створення і служать матеріалом для написання «Літопису природи». Вони ведуться відповідно до вимог методичного посібника Андрієнко Т. Л. [4]. Під фенологічним розвитком рослин розуміють закономірне чергування і щорічне повторення тих самих феноциклів (вегетації, появи листя, цвітіння, дозрівання плодів, жовтіння та опадання листя). Терміни їх початку і тривалості знаходяться під постійним впливом кліматичних умов.

Для проведення фенологічних спостережень було закладено 2 фенологічних маршрути (ФМ-1 і ФМ-3) відповідно, в степових ценозах г. Гострої та лісових – Краснянського природоохоронного науково – дослідного відділення (ПНДВ), через Товтрове пасмо. Об'єктами досліджень є, перш за все, широкоареальні, масові види, а також найбільш поширені рідкісні, що зростають компактно, та занесені до Червоної книги України. Загалом у заповіднику ведуться спостереження за 30 видами лісу та 16 – степу, для яких фіксуються більшість фенофаз. Для 48 лісових видів та 112 – степових реєструється тільки цвітіння. [1, 2]

Щорічно, за результатами фенологічних досліджень формується Календар природи [3].

За час багаторічних спостережень встановлено, що, ще до початку весни (середні багаторічні дані – 26.02) починає вегетувати підсніжник білосніжний (14.02), який часто, в окремі роки, ще й зацвітає, та починає цвісти ліщина звичайна (02.03).

Масове цвітіння підсніжника білосніжного, початок цвітіння проліски дволистої, печіночниці звичайної, шафрану Гейфеля (20.03), медунки темної (26.03), рясту ущільненого

(29.03), анемони дібровної (30.03) зубниці залозистої (05.04), а також приліт шпаків, жайворонків та лелек характеризують початок весни у біоценозах заповідника.

На степових схилах весняне цвітіння розпочинається дещо пізніше. Першими зацвітають сон великий (25.03), шиверекія подільська (27.03) первоцвіт весняний (29.03) та горицвіт весняний (03.04). Дещо пізніше – авринія скельна (11.04).

Середина весни визначається масовим цвітінням всіх ефемероїдів у лісі, а також зеленінням та початком цвітіння граба звичайного (17.04, 23.04), зеленінням клена гостролистого (20.04), бука лісового (26.04), початком цвітіння скополії карніолійської (15.04), зубниці бульбистої (21.04), лунарії оживаючої (24.04), цибулі ведмежої (28.04), конвалії травневої (01.05), підмаренника запашного (05.05), суниць лісових (06.05) та першим «куванням» зозулі (23.04). На степових схилах товтр масово квітують первоцвіт весняний (12.04), горицвіт весняний (15.04), починають цвісти зіновать руська, терен (19.04), волошка Маршалла (27.04).

Закінчується весна у лісі відмиранням ефемероїдів, початком цвітіння зозулиних черевичок справжніх (13.05), та масовим цвітінням зеленчука жовтого, глухої кропиви пурпурової, підмаренника запашного (14.05), зірочника ланцетовидного, а також появою вивільги (08.05). На степових схилах закінчення весни символізує початок цвітіння ясенцю білого (13.05), масове цвітіння змієголовника австрійського (15.05), юринеї вапнякової (16.05), анемони лісової, глоду (17.05), ломиносу цілолистого (18.05).

Прихід літа (середні багаторічні дані – 19.05) характеризується кінцем цвітіння цибулі ведмежої (19.05), конвалії травневої (20.05), початком цвітіння шипшини собачої (26.05). В перші літні дні дозрівають плоди суниць лісових. Тоді ж спостерігається масове квітування ковили пірчастої, ломиносу цілолистого (03.06), починає відцвітати ясенець білий (10.06), а також починають цвісти шавлії зарослева та поникла, підмаренники справжній та застарілий, чебрець Маршалла.

У розпал літа цвітіння у лісі майже припиняється. Ще квітують суниці лісові (10.06), лілія лісова (12.06), масово цвіте липа серцелиста. Середина літа діагностується масовим цвітінням

степових видів: віхалки гіллястої (09.07), чебреців, ковили волосистої, лемботропісу чорніючого, парила звичайного, підмаренників білого та справжнього, льону жовтого, цибулі подільської та гірської. Закінчується літо достиганням плодів у шипшини (04.09), ліщини звичайної (09.09) та глоду (10.09), а також початком опадання листя граба звичайного (12.09), яке часто починає жовтіти ще у середині серпня.

З настанням осені (середні багаторічні дані – 15.09) на степових ділянках ще квітують окремі види – скабіоза блідо-жовта, головачка уральська, цикорій дикий. У лісі починає жовтіти листя клена гостролистого (15.09), ліщини звичайної (17.09). Середина осені визначається різним ступенем пожовтіння та опадання листя дерев і чагарників – граба звичайного, клена гостролистого, ясена звичайного, шипшини собачої, глоду та терену колючого.

Кінець осені (середні багаторічні дані – 26.11) характеризує повне опадання листя у дерев та кущів, також припиняється вегетація у всіх видів рослин.

За час багаторічних спостережень встановлено, що через ранній початок весняних сезонів 2023, 2024, 2025 років, а особливо – теплі останні декади січня та перші декади лютого, дещо змістилися строки вегетації та цвітіння ранньовесняних видів рослин, особливо лісових. Так, у 2023 році підсніжник білосніжний почав цвісти на місяць раніше 01.02, при середніх багаторічних (02.03). У 2024 році при найранішому початку весни – 01.02, почали вегетувати: проліска дволиста 22.02 (10.03), яка і найшвидше зацвіла 22.02 (20.03), та цибуля ведмежа 26.02 (16.03). Доволі раннім був початок цвітіння у скополії карніолійської 28.03 (15.04), лунарії оживаючої 15.04 (24.04), шафрану Гейфеля 28.02 (20.03), який майже на місяць швидше відцвів 11.03 (08.04). На степових схилах на багато раніше почали вегетувати: змієголовник австрійський 25.02 (02.04), первоцвіт весняний 20.02 (14.03), ясенець білий 17.03 (11.04). Досить пізно, у 2023, 2024 рр, у лісових масивах та на степових схилах почало жовтіти та опадати листя дерев та кущів: дуба звичайного, ясена звичайного, шипшини собачої. Цьому сприяли досить високі температурні показники осінніх періодів та достатня кількість опадів, .

Пізнім був початок весняного сезону 2021 року. Це негативно вплинуло на вегетацію та цвітіння ранньовесняних видів рослин. Так, найпізніше за всі роки спостережень почали цвісти первоцвіт весняний 10.04 при середніх багаторічних 29.03, цибуля ведмежа 14.05 (28.04), змієголовник австрійський 18.05 (06.05), конвалія травнева 20.05 (09.05). Період їхнього квітування був недовготривалим та закінчився у терміни близькі до багаторічних.

Інколи, в окремі роки, завдяки сприятливим погодним умовам, спостерігалося повторне цвітіння як лісових, так і степових видів рослин. Так, у 2022, 2023 роках повторно цвіли фіалка лісова та глуха кропива пурпурова у лісових масивах Краснянського та Городницького ПНДВ. На степових схилах г. Гостра, у кінці жовтня на початку листопада – перстач пісковий (2022, 2024), волошка Маршалла (2022), авринія скельна (2025) та зіновать руська (2024, 2025).

Список літератури

1. Дзяба С. Є. Календар природи заповідника «Медобори». Роль природно-заповідних територій Західного Поділля та Юри Ойцовської у збереженні біологічного та ландшафтного різноманіття. Збірник наукових праць українсько-польської наукової конференції. Гримайлів-Тернопіль: Лілея, 2003. С. 259-266.
2. Козира Л. Я. Особливості календаря природи природного заповідника «Медобори» (1990-2010 рр.). Матеріали ІІ міжнародної науково-практичної конференції «Подільські читання». Географія. Біологія. Екологія. Охорона природи (Тернопіль, 23-24 травня 2013 р.). – Тернопіль, 2013. С. 158-160.
3. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 2025. Книга 33, Розділ 9. Підсумки досліджень за програмою Літопис природи за 2020-2025 рр. Календар природи. с.738-748.
4. Програма Літопису природи для заповідників та національних парків: методичний посібник / [Андрієнко Т. Л. Попович С. Ю. Парчук Г. В. та ін.]; за ред. проф. Т. Андрієнко. Київ: Академперіодика; 2002. 103с.

УДК 574.6:583(477.42/.42)

КЛАС *POLYPODIOPSIDA* У ФЛОРІ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «МАЛЕ ПОЛІССЯ»

[1]Цибуля М. М., [2]Якубенко Б. Є.

[1]Національний природний парк «Мале Полісся»
[2]Національний університет біоресурсів і природокористування України,
E-mail: marinka.belinska@gmail.com

Національний природний парк «Мале Полісся» створений Указом Президента України № 430 від 2 серпня 2013 року на території Шепетівського району Хмельницької області, загальною площею 8762,7 га. На момент створення НПП, за літературними даними, флора нараховувала до 700 (понад 700) видів судинних рослин [1, 2]. Станом на початок 2026 р. флора НПП «Мале Полісся» нараховує 806 види вищих судинних рослин.

На сьогоднішній день на території НПП «Мале Полісся» клас *Polypodiopsida* представлений 1 порядком *Polypodiales*, 7-ми родинами: *Athypiaceae*, *Cystopteridaceae*, *Dryopteridaceae*, *Onocleaceae*, *Polypodiaceae*, *Dennstaedticaeae*, *Thelypteridaceae*; 8-ми родами: *Athyrium* Roth, *Cystopteris* Bernh., *Dryopteris* Adans., *Gymnocarpium* Newm., *Matteuccia* Tod., *Polypodium* L., *Pteridium* Scop., *Thelypteris* Schmidel, що об'єднують 12 видів папоротевидних рослин [2]. У флорі України зареєстровано 52 види папоротей із 15 родин [3].

Athyrium filix-femina (L.) Roth. – безщитник жіночий – багаторічна трав'яниста рослина. На території НПП «Мале Полісся» зростає спорадично, по усій території у тінистих мішаних, рідше – у хвойних лісах і чагарниках [2, 3].

Cystopteris fragilis (L.) Beher. – міхурниця ламка – невелика багаторічна рослина, яка зростає зрідка у вологих тінистих лісах природоохоронної території.

Dryopteris carthusiana (Vill.) H.P.Fuchs – щитник остистий – багаторічна рослина, яка зростає спорадично на усій території НПП у лісах, чагарниках [3].

Dryopteris cristata (L.) A. Gray – щитник гребенястий – багаторічна трав'яниста рослина, що зрідка зростає на

заболочених ділянках лісі.

Dryopteris dilatata (Hoffm.) A.Gray – щитник широко-листий – багаторічна трав'яниста рослина, яка спорадично зростає у тінистих лісах НПП «Мале Полісся» [3].

Dryopterias filix-mas (L.) Schott. – щитник чоловічий – багаторічна трав'яниста рослина, яка серед папоротей, найпоширеніша у лісах на усій території НПП.

Gymnocarpium dryopteris (L.) Newm. – голокучник дубовий – багаторічна рослина, яка поодиноко трапляється у тінистих лісах на природоохоронній території. Вид регіонально рідкісний для Хмельницької області [4, 5].

Matteuccia struthiopteris (L.) Tod. – страусове перо звичайне – багаторічна рослина, що дуже зрідка трапляється у тінистих лісах, у вологих чагарниках, вільшняках [3].

Polypodium vulgare L. – багатоніжка звичайна – багаторічна зимуюча рослина, що зростає у тінистих місцях на піщаних ґрунтах у Стриганському лісництві НПП «Мале Полісся».

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn. – орляк звичайний – багаторічна трав'яниста рослина, яка спорадично зростає у соснових, рідше мішаних лісах на природоохоронній території [3].

Pteridium pinetorum – орляк сосновий – як і о. звичайний, багаторічна трав'яниста рослина, яка спорадично зростає у соснових і мішаних лісах на території НПП «Мале Полісся» та часто утворює щільні локалітети.

Thelypteris palustris Schott – болотяна папороть звичайна – багаторічна трав'яниста рослина, яка зростає на заболочених територіях, берегах водойм у межах НПП. Вид регіонально рідкісний для Хмельницької області [4, 5].

Загалом, папоротевидні рослини території НПП «Мале Полісся», як і флора, в цілому, потребує подальшого моніторингу та дослідження їх поширення в умовах Малого Полісся. Особливо доцільними є охорона і захист даних видів рослин у ситуації, що складається із глобальною зміною клімату.

Список літератури

1. Цибуля М. М., Сасюк А. В., Мнюх О. В., Якубенко Б. Є. Види рослин Червоної книги України на територіях та об'єктах природно-заповідного фонду НПП «Мале Полісся». *VI-й*

Всеукраїнський пленер з питань природничих наук. 2022. С. 90–93.
2. Літопис природи національного природного парку «Мале Полісся» за 2023 рік. Т. 9. Ізяслав : 2024. 373 с.
3. Природа унікального краю – Малого Полісся / за ред. Т. Л. Андрієнко. Кам'янець-Подільський: Видавництво ПП Мошинського. 2010. 252 с.
4. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання). / Укладачі: Т. Л. Андрієнко, М. М. Перегрим. Київ : Альтерпрес, 2012. 148 с.
5. Бондарчук О., Цибуля М., Якубенко Б., Козак М., Рахметов Д. Сучасний стан та перспективи збереження раритетного компонента флори НПП «Мале Полісся» шляхом інтродукції і репатріації особливо вразливих видів рослин. Збірник матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. «Об'єкти природно-заповідного фонду України: сучасний стан та шляхи забезпечення ефективної їх діяльності». 3 – 4 серпня 2023 р. м. Славута, Хмельницька обл. 2023. С. 258–265. https://doi.org/10.61584/3-4-08-2023-59

УДК 58.084.2

SCOPOLIA CARNIOLICA Jacg. У ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «МЕДОБОРИ»

Баранчук Г. І., Козира Л. Я.

Природний заповідник «МЕДОБОРИ», смт. Гримайлів
E-mail: gaaalkanet@gmail.com

Вивчення особливостей поширення та еколого-ценотичних умов місцезростань рідкісних видів є обов'язковою умовою для розробки наукових основ їх охорони [5]. Одним з таких видів є *Scopolia carniolica* Jacg. – що занесена до Червоної книги України і має природоохоронний статус неоцінений [3].

В межах України *S. carniolica* зростає на північно-східній межі ареалу, європейсько-кавказького типу, смугою, що простягається в широтному напрямі від Карпат на заході, до Дніпра на сході через Подільську і Придніпровську височини.

Поодинокі локалітети виду відомі з півдня Українського Полісся і Волинської височини [5]. У Тернопільській області місця зростання раніше зафіксовані у колишніх Шумському, Заліщицькому, Бучацькому адміністративних районах, а також у Національному природному парку «Кременецькі гори» та у природному заповіднику «Медобори» [7].

У природному заповіднику «Медобори» *S. carniolica* зростає у лісових масивах, на схилах товтр, у понад 70 локалітетах, куртинами від 1 м^2 до 100 м^2, з яких у Краснянському ПНДВ (природоохоронне науково-дослідне відділення) – 22 та у Городницькому – 50.

Популяційні дослідження проводяться з 2008 року в межах ботанічної пробної площі БП-34 Городницького ПНДВ, у кв. 38 в. 14, на привершинній виположеній частині схилу Пд-Сх експозиції у 96-річному грабово-ясеновому деревостані повнотою 0,7. Площа ділянки 0,02 га, де закладено 3 облікові площадки по 2м^2 кожна, на яких щорічно проводиться абсолютний перелік пагонів (оскільки це кореневищний вид, тому за облікову одиницю взято пагін) всіх вікових груп [6]. Додатково, з 2019 року ведуться спостереження ще у двох локалітетах: квартал 6 виділ 4 та квартал 15 виділ 7, які на нашу думку мають насіннєве походження.

Амплітуда чисельності популяції в межах пробної площі БП-34 за роки спостережень коливалася. На час закладання дослідних площадок обліковано 95 пагонів, чисельність яких до 2012 року поступово зростала до 150, що є найвищим показником за роки спостережень. У наступні чотири роки кількість пагонів зменшилася до 58 у 2016, що є мінімальним, а відбувся він ймовірно через посушливі погодні умовами 2015-2016 років. З 2017 по 2020 рр. обліковувалось 75-81, а з 2021 розпочалося зростання до 149 у 2025 році, що майже відповідало максимальному значенню.

Популяція *S. carniolica* на БП-34 є повночленною, оскільки, протягом періоду досліджень тут фіксувалися пагони усіх вікових груп, за виключенням 2011 року, коли не виявлено жодного ювенільного. Чітко прослідковуються основні динамічні тенденції ценопопуляції, лише два роки – 2008 та 2017 рр. вона мала лівосторонній тип, коли прегенеративні особини переважали над

генеративними з чисельністю 17 та 62 пагони, а всі інші роки – правостороннього типу, коли домінували генеративні – від 30 до 126 [1].

На додаткових ділянках насіннєвого походження облікувалися генеративні та прегенеративні пагони. На першій, площею 170 м^2, у кленово-ясеново-грабовому деревостані, віком 85 років, повнотою 0,7 на початку досліджень виявлено куртину з 5 локусів із зростанням виду, площі яких від 1 до 20 м^2 з чисельністю пагонів від 1 до 30, а генеративних від 1 до 20. Під час крайнього обліку у 2023 р. локусів стало 6, а чисельність пагонів за п'ятиріччя зросла з 30 до 60 екземплярів. На другій ділянці, площею 150 м^2, у липово-грабово-дубовому деревостані, віком 93 роки, повнотою 0,7, куртина з 8 локусів, площі яких 0,5-16 м^2. За крайні 5 років локусів вже 9, а кількість пагонів у них зросла із 140 до 177 екземплярів [2].

З 1995 року проводяться фенологічні спостереження за видом. Фіксуються початок вегетації, початок, масове та кінець цвітіння. Проведений за 30 років аналіз фенодат показав, що середня дата початку вегетації – 18 березня, початок цвітіння всередньому настає 15 квітня, масове – 24 квітня, а кінець – 6 травня. Різниця між середніми фенодатами початку і масового цвітіння складає 9 днів, а середній багаторічний цикл тривав 21 день. За результатами багаторічних спостережень встановлено, що початок вегетації *S. carniolica* здебільшого припадає на березень. Проте у 2016 році вид почав вегетувати ще 04.03, що пов'язано із надмірно теплим та вологим лютим, коли середні, температурні показники всіх трьох декад були вищими за норму, а максимальні температури не опускалися нижче 0°С протягом місяця. У 2013 – 14 квітня, коли березень та І декада квітня були дуже холодними із постійним сніговим покривом, що розтанув лише 5 квітня. Найраніша дата початку цвітіння 28.03 2024/2025 рр., що викликано досить ранньою весною та доволі високими температурними показниками ІІІ декади березня, та була найвищою за весь період спостережень і відповідала другій половині квітня, а найпізніша – 09.05 1998/1999 рр., що пов'язано із затяжною та прохолодною весною та пізнім початком вегетаційного періоду, аналогічно – масового – 05.04.2016 та

20.05.1999 рр. Кінець цвітіння найраніше фіксувався 18.04.2018 р., через аномально пеплі та сухі І та ІІ декади квітня, що призвели до передчасного відцвітання виду, а найпізніше – 01.06.1999 р., що пов'язано з пізнім початком цвітіння та доволі прохолодним травнем.

За результатами багаторічних досліджень на території природного заповідника «Медобори» встановлено, що популяція *S. carniolica* є повночленною, правостороннього типу, з переважанням генеративних пагонів. За крайні роки відбулося зростання чисельності пагонів як на БП-34, так і на двох додаткових ділянках. Із фенологічних спостережень встановлені: середня багаторічна дата початку вегетації – 18 березня, початок цвітіння – 15 квітня, масове – 24 квітня, а кінець – 6 травня. Період цвітіння триває в середньому 21 день.

Список літератури

1. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 2021 р. Книга 28 С. 506-507.
2. Літопис природи. Природний заповідник «Медобори». Гримайлів, 2026 р. Книга 33 С. 651.
3. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
4. Черняк В. М., Синиця Г. Б. Рідкісні та зникаючі рослини Тернопільщини з Червоної книги України. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2008. 224 с.
5. Шиндер О. І., Неграш Ю. М. *Scopolia carniolica* (Solanaceae) на заході Подільської височини: поширення, умови місцезростань, стан популяцій. *Вісн. КНУ ім. Т. Шевченка. Серія: Біологія.* 2014. Вип. 1 (66). С. 57–61.
6. Якубенко А. Л., Григора І. М., Мельничук М. Д. Геоботаніка: Навч. посіб. Київ: Арістей, 2008. 448 с.
7. iNaturalist [Електронний ресурс] : проєкт вивчення біорізноманіття. — Режим доступу: https://www.inaturalist.org

УДК 631.42: 632.122.1:543.422.3:633.9

ДІАГНОСТИКА СТАНУ ҐРУНТУ ТА ФІТОТОКСИЧНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ VIS-NIR СПЕКТРОСКОПІЇ В СИСТЕМІ РЕІНТЕГРАЦІЇ ЗОЛИ *MISCANTHUS* × *GIGANTEUS*

Герц А. І.,[1] Конончук О. Б.,[1] Герц Н. В.,[1] Підліснюк В. В.[2]

[1]Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна

[2] Університет Яна Євангеліста Пуркінє в Усті-над-Лабем, м. Устя-над-Лабем, Чеська Республіка

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

Реінтеграція золи біомаси *Miscanthus* × *giganteus* (*M*×*g*) є перспективним агрозаходом у межах концепції економіки замкненого циклу, однак це потребує ефективного моніторингу надійними неінвазивними методами контролю. Традиційні деструктивні агрохімічні аналізи є трудомісткими та не придатними для оперативного застосування. Метою роботи була валідація Vis-NIR спектрального профілювання (365–940 нм) як інструменту довготривалої експрес-діагностики стану меліорованих ґрунтів [2, 5].

Дворічний вегетаційний експеримент (2024–2025 рр.) проводився на базі Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка на типовому чорноземі з дозами внесення золи 0 %, 1 %, 3 % та 7 % (мас.). Спектральні профілі повітряно-сухих зразків фіксувалися портативним рефлектометром на 10 довжинах хвиль (від 365 до 940 нм). Паралельно аналізувалися біотичні (з рослинами *M*×*g*) та абіотичні (без рослин) варіанти. Статистичну обробку проводили із застосуванням лінійних моделей зі змішаними ефектами (LMM) та MANOVA (критерій Pillai) [2].

Канал 940 нм виявився найбільш чутливим діагностичним індикатором: R^2= 0,837, кореляція з електропровідністю ЕС (r = – 0,812) та вмістом P_2O_5 (r = – 0,850). Post-hoc аналіз підтвердив значущу диференціацію всіх чотирьох доз золи ($p < 0,01$). Інтенсивність відбиття 3150–3350 умовних одиниць (у.о.) відповідає агрономічному оптимуму (доза 1 %, індекс листкової площі (LAI) = 1,6); зниження нижче 2700 у.о. асоціюється з

сольовою фітотоксичністю [1, 3].

Виявлено феномен «відносного оптичного вицвітання» в абіотичних варіантах. Кристалізація солей підвищує відбиття на 10–13 %, маскуючи реальний хімічний стан матриксу. Вегетація $M \times g$ усуває цей ефект через активне біологічне засолення та акумуляцію лабільного органічного вуглецю. Розроблено лінійні калібрувальні моделі прогнозування P_2O_5 (R^2= 0,763) та K (R^2= 0,697) за NIR-сигналом [1].

Впродовж дворічного моніторингу зафіксовано фундаментальну дивергенцію спектральних сценаріїв залежно від наявності рослинного покриву. У варіантах без рослин розчинні солі під впливом капілярного підняття та випаровування мігрували до поверхні й кристалізувалися, формуючи мікроскопічну плівку з високим альбедо. Це зумовило зростання відбиття на 10–13 % порівняно з варіантами під вегетацією $M \times g$, яка перервала цей цикл через активне винесення катіонів (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) для побудови біомаси та виділення кореневих ексудатів, що сприяли агрегації ґрунту й стабілізації лабільного вуглецю. Врахування цього біотичного чинника є обов'язковою умовою коректної інтерпретації Vis-NIR сигнатури.

На основі мультипараметричного моделювання розроблено серію калібрувальних рівнянь для прогнозування агрохімічних показників за NIR-сигналом: $P_2O_5 = -1{,}993 \cdot (940\ нм) + 6932$ (R^2= 0,763), $K = -0{,}351 \cdot (940\ нм) + 1210$ (R^2= 0,697), $EC = -0{,}0005 \cdot (940\ нм) + 2{,}11$ (R^2= 0,563). Вміст загального органічного вуглецю найтісніше корелює з каналом 500 нм (R^2= 0,365), що відображає роль гумусових речовин у регуляції оптичних властивостей видимого діапазону. Це свідчить про доцільність комбінованого підходу, зокрема, NIR-канали для оцінки мінерального фону, видимий діапазон – для моніторингу органічної трансформації [4].

Важливою перевагою запропонованого підходу є його реалізація на базі доступного обладнання відкритого типу (open-source hardware), що дозволяє масштабувати систему діагностики для масового використання агровиробниками без залучення дорогої лабораторної інфраструктури. Разом з тим, отримані спектральні пороги є специфічними для застосованої моделі рефлектометра та типового чорнозему, тому подальше

масштабування потребує зовнішньої валідації на ширшому спектрі ґрунтових різновидів та різних польових умовах.

Таким чином, Vis-NIR спектральне профілювання є надійною цифровою альтернативою деструктивним аналізам для моніторингу систем реінтеграції золи біомаси енергетичних культур та забезпечує оперативний контроль меліоративної ефективності в межах економіки замкненого циклу [2, 5].

Список літератури

1. Herts A. I., Khomenchuk V. O., Kononchuk O. B., Herts N. V., Markiv V. S., Buianovskyi A. O. Use of visual-diagnostic color parameters of soils and optical reflectometry for determination of organic carbon content. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2022. Vol. 31, № 2. P. 260–272. DOI: https://doi.org/10.15421/112224.
2. Herts A., Rouhani A., Kononchuk O., Markiv V., Horyn O., Khomenchuk V., Stadnik V., Shapoval P., Pidlisnyuk V. Evaluation of ash derived from conversion of contaminated *Miscanthus* × *giganteus* biomass as a soil amendment: impacts on soil parameters and physiological characteristics of *Zea mays* L. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2025. 69: 103786. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2025.103786.
3. Hosseini E., Zarei M., Moosavi A. A., Ghasemi-Fasaei R., Baghernejad M., Mozaffari H. Feasibility of Vis-NIR spectroscopy approach to predict soil biological attributes in arid land soils. *PloS ONE*. 2024. Vol. 19, № 9: e0311122. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311122.
4. Liu J., Xie J., Han J. Wang H., Sun J., Li R., Li, S. Visible and near-infrared spectroscopy with chemometrics are able to predict soil physical and chemical properties. *Journal of Soils and Sediments*. 2020. Vol. 20, № 7. P. 2749–2760. DOI: https://doi.org/10.1007/s11368-020-02623-1.
5. Pidlisnyuk V., Rouhani A., Herts A., Kononchuk O., Markiv V., Horyn O., Khomenchuk V., Shapoval P. Circular utilization of *Miscanthus*×*giganteus* biomass ash to enhance soil quality and support its regrowth. *Waste Disposal & Sustainable Energy*. 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/s42768-026-00288-z.

РОЗДІЛ 8. ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ПРИРОДНИХ ТА БІОАКТИВНИХ СПОЛУК

УДК 547.789:615.28

SYNTHESIS, STRUCTURE AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF 5-ARYLSUBSTITUTED 2-AMINOTHIAZOL-4(5*H*)-ONES WITH TWO THIAZOLE FRAGMENTS

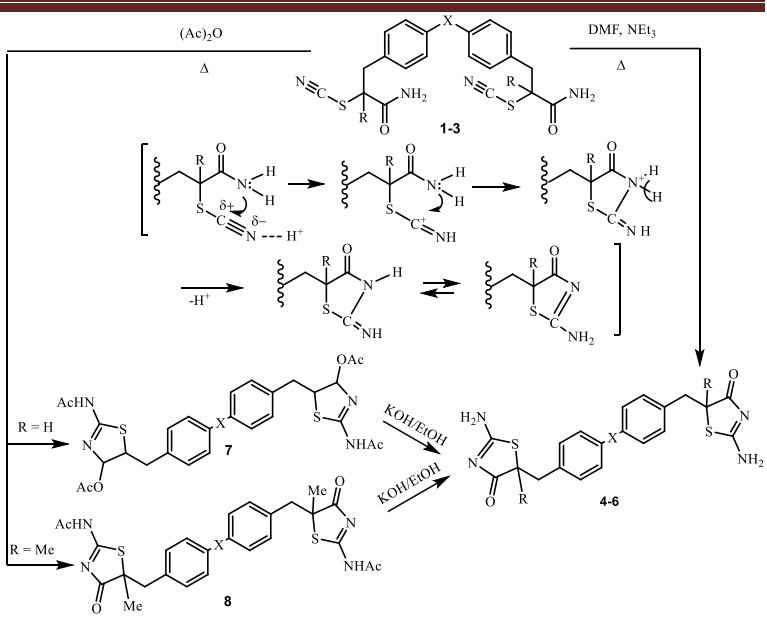
[1]Tulaidan H. M., [1]Symchak R. V., [2]Yatsiuk V. M., [1]Baranovskyi V. S.

[1] Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
[2] Ternopil Scientific Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine
E-mail: baranovsky@tnpu.edu.ua

The expansion of the synthetic possibilities of the anionarylation reaction is possible in several directions: the study of new unsaturated substrates, anionoid reagents and diazo compounds. Promising in this aspect is the use of arylbisdiazonium salts as arylating reagents, which contain two highly reactive diazo groups in the molecular structure.

The interaction of aromatic bisdiazonium salts based on benzidine and its derivatives with unsaturated acid amides under thiocyanatoarylation reaction conditions has previously been used to obtain 3,3'-[4,4'-diphenyl(methane, sulfonyl)]bis[(2-methyl)-2-thiocyanatopropanamides] 1a,b-3a,b [1].

The presence of thiocyanate and amide groups in the molecular structure of compounds 1-3 opens up possibilities for the design of new heterocyclic systems, in particular 5-substituted derivatives of thiazol-4(5*H*)-one. We have investigated the cyclization of bisthiocyanatoarylation products – 3,3'-[4,4'- diphenyl(methane, sulfonyl)]bis[(2-methyl)2-thiocyanatopropanamides)] 1a,b-3a,b upon boiling in a mixture of dimethylformamide and triethylamine, which occurs with the formation of 5,5'-[1,1'-diphenyl(methane, sulfonyl)-4,4'-diylbis(methylene)]bis[2-amino-5-(methyl)thiazol-4(5*H*)-ones] 4-6. The synthesis of compounds 4a,b-6a,b was carried out according to the following scheme:



The cyclization of the starting bisthiocyanatoamides **1-3** occurs by boiling in a mixture of dimethylformamide and triethylamine (10:1) for 6-8 hours. The yields of bis(2-aminothiazol-4(5*H*)-ones 4-6 are 74-92%.

The synthesized 5,5'-[1,1'-diphenyl(methane, sulfonyl)-4,4'-diylbis(methylene)]-bis[2-amino-5-(methyl)thiazol-4(5*H*)-ones] 4a,b-6a,b are colorless crystalline substances that melt at sufficiently high temperatures (217-249ºC) without decomposition and are soluble in most polar organic solvents (methanol, ethanol, acetone, dimethylsulfoxide, etc.).

^{1}H NMR spectra of thiazol-4(5H)-ones 4a,b-6a,b are characterized by signals of protons of two phenyl nuclei of diphenyl (diphenylsulfone) fragments in the form of two doublets at 7.86-7.56 and 7.44-7.26 ppm or a singlet for the diphenylmethane fragment at 7.14-7.11 ppm, protons of methylene groups of benzyl fragments (doublets of doublets in the region of 3.3-3.0 ppm). Protons of amino groups in position 2 of thiazole rings are shifted to the weak field region and resonate at 9.4-8.6 ppm, forming two singlets (in the case of

compound 6b – a broad singlet).

Carrying out the cyclization of bisthiocyanatoamides 1-3 in acetic anhydride allows obtaining acylated derivatives **7** and 8, which as a result of deacylation are converted into 2-aminothiazol-4(5*H*)-ones 3-6. The cyclization of bisthiocyanatoamides based on acrylamide 1-3a is accompanied by additional acylation at position 4 of the thiazole ring, due to the migration of a hydrogen atom from position 5 by the mechanism of keto-enol tautomerism.

Thus, under the conditions found by us for the cyclization of bisthiocyanatoamides 1-3, the closure of the thiazole ring occurs with the participation of thiocyanate and amide groups. In this case, triethylamine plays a crucial role in the process, in the absence of which cyclization does not occur. In our opinion, the main properties of triethylamine contribute to additional polarization of the CN-group with the subsequent interaction of the lone electron pair of the nitrogen atom of the amide group with the carbon atom of the thiocyanate and the formation of the iminothiazolidine ring. The latter as a result of the tautomeric imide-amide rearrangement is stabilized into a stable aminothiazol-4(5*H*)-one ring.

Thus, arylalkyl bisthiocyanatoamides are convenient bicenter synthons for obtaining difficult-to-access 5-arylsubstituted 2-aminothiazol-4(5*H*)-ones, which are of interest as building blocks in the synthesis of new sulfur- and nitrogen-containing heterocyclic systems. The use of bisthiocyanatoamides for cyclizations involving thiocyanate and amide groups opens up wide possibilities for obtaining complex heterocycles with two thiazole fragments – potential bioactive substances with a wide spectrum of action [2].

We investigated the antimicrobial properties of thiazol-4(5*H*)-ones 4a,b-6a,b against test cultures of bacteria (*S. aureus* ATCC 6538, *B. subtilis* ATCC 6633, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 9027), and yeast fungi (*C. albicans* ATCC 885-653). Derivatives of 2-aminothiazol-4(5*H*)-one **4-6** have a slight antifungal effect on yeast fungi culture at concentrations of 62.5-250 μg/ml, which indicates their moderate activity. The exception is compounds 6a,b for which the MIC is at the level of 31.2 μg/ml. Compounds 4-6 are completely indifferent to cultures of gram-positive spore-forming bacteria *B. subtilis*. With

regard to gram-negative bacteria - intestinal *(E. coli*), pseudomonas (*P. aeruginosa*) rods and gram-positive bacteria (*S. aureus*), the most effective were compounds 6a,b whose MIC was 62.5-125.0 μg/ml, and compounds 4a,b, 5a,b showed low antimicrobial activity (MIC 125.0-500.0 μg/ml).

Reference

1. Grishchuk B. D., Yatsyuk V. M., Baranovskyi V. S., Pokryshko O. V., Klimnyuk S. I. Synthesis and Antimicrobial Activity of Thiocyanatoarylation Products of Acrylamide and Methacrylamide by Diphenyl-and Phenylene-Bis-Diazonium Salts. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2016. V. 50(8), P. 534-536.
2. Zawadzka A., Dawidowski M., Turło J. The Bioactivity of Thiazolidin-4-Ones: A Short Review of the Most Recent Studies. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021. V. 22, 11533. https://doi.org/ 10.3390/ijms222111533

УДК 547.789.6 + 615.28

2-HALOGENO(THIOCYANATO, O-ETHYLDITHIOCARBONATO)BENZO[d]THIAZOLES. SYNTHESIS AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY

Symchak R. V., Pidgurska D.V., Tulaidan H. M., Baranovskyi V. S.

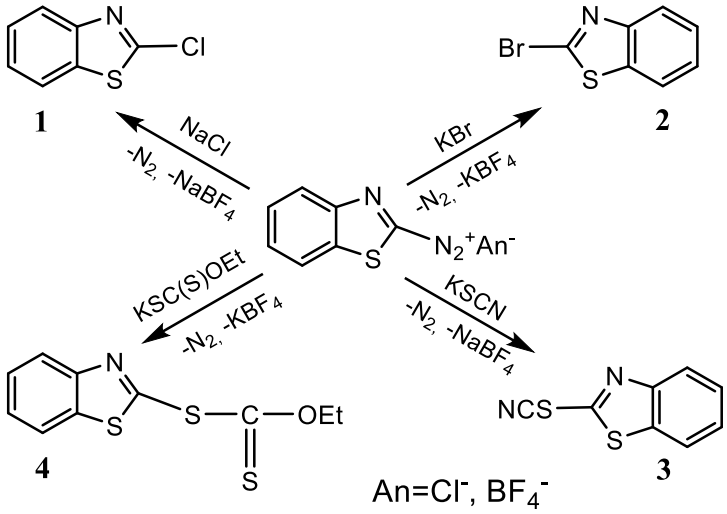
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
E-mail: baranovsky@tnpu.edu.ua

In recent decades, a number of studies have been conducted on the introduction of various arylating reagents into anionarylation reactions – aryldiazonium salts with specific functional groups, bisdiazonium salts based on aromatic diamines, aromatic triazenes, which resulted in the development of methods for the regioselective modification of unsaturated compounds with the formation of functionalized mono- and bisanionarylated derivatives. At the same time, the synthesis of a similar type of compounds can be carried out using heteryl(hetaryl)diazonium salts as arylating reagents, in particular based on 2-aminobenzothiazole. Such arylating reagents, due to the

presence of a diazo group, can interact with unsaturated substrates under the conditions of dediazonation reactions, forming products of anionarylation, arylation and substitution of the diazo group by an anion-nucleophile [1].

In this regard, the study of dediazonation of heteroyldiazonium salts, in which a more significant interaction between the diazo group and the heterocyclic fragment is observed, was of considerable interest [2]. Therefore, we studied benzothiazole-2-diazonium chloride and tetrafluoroborate in the Gattermann-Sandmeyer reaction, which are quite easily obtained by diazotization of 2-aminobenzothiazole with sodium nitrite in a medium of hydrochloric or tetrafluoroboronic acid, acidified with concentrated sulfuric acid.

It was established that the dediazonation of 1,3-benzothiazole-2-diazonium chloride (tetrafluoroborate) in the presence of chloride, bromide, rhodanide and O-ethyldithiocarbonate anions occurs with the elimination of the nitrogen of the diazo group and the formation of 2-halogeno(thiocyanato, O-ethyldithiocarbonato) benzothiazoles **1-4** according to the scheme:



2-Chlorobenzothiazole **1** was isolated from the reaction mixture by extraction with diethyl ether and subsequent fractional distillation in vacuum of the residue after evaporation of the ether. A fraction with a

boiling point of 90-95^{0}C (2 mmHg) was selected, which was cooled to room temperature until complete crystallization. The formation of colorless crystals with a melting point of 21-24^{0}C (recrystallization from chloroform) was observed.

2-Bromobenzothiazole **2** was isolated in a similar manner, by selecting a fraction with a boiling point of 138-144^{0}C during vacuum distillation, as a result of which crystallization yielded colorless crystals with a melting point of 39-43^{0}C (recrystallization from ethanol).

Compounds **3** and **4** were isolated from the reaction medium by extraction with diethyl ether, after evaporation of which the residue was kept at –25^{0}C until almost complete crystallization. The obtained solid phase in the case of compound **3** was recrystallized from ethanol, and compound **4** – from benzene. The structure of the obtained compounds was confirmed by IR, ^{1}H NMR and mass spectroscopy data.

Thus, 1,3-benzothiazole-2 diazonium chloride (tetrafluoroborate) interacts with inorganic and organic nucleophiles under the conditions of the Gattermann-Sandmeyer reaction with the participation of a diazo group, and the high nucleophilicity of the anionoid reagent determines a sufficiently effective course of the process under non-catalytic conditions.

Derivatives of 2-substituted benzothiazole occupy one of the leading places in modern medicinal chemistry and pharmacology due to their extremely wide spectrum of biological activity. The benzothiazole fragment is a key (privileged) pharmacophore in the structure of many drugs and exhibits pronounced antibacterial, antifungal, antiviral, antituberculosis and antitumor activity [3]. Due to the ability of the benzothiazole nucleus to easily penetrate cell membranes and interact with various biological targets, the introduction of new functional substituents (in particular halogens, thiocyanate and dithiocarbonate residues) in position 2 of the heterocycle is a promising direction for the targeted search for new highly effective antimicrobial agents.

We have investigated the antimicrobial properties of 2-halogeno(thiocyanato, O-ethyldithiocarbonato)benzo[d]thiazoles 1-4 against test cultures of bacteria (*S. aureus* ATCC 6538, *B. subtilis* ATCC 6633, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 9027), and

yeast fungi (*C. albicans* ATCC 885-653).

The conducted studies showed that compounds 1-4 exhibit weak antimicrobial activity against the tested test microorganisms. gram-negative bacteria *E. coli* were insensitive to the studied substances. Almost all compounds showed bactericidal action at a minimum concentration of 125-500 μg/ml. The most resistant culture was the spore-forming gram-positive bacilli *B. subtilis*. Only the compound 2-thiocyanato-1,3-benzothiazole 4 was characterized by minimal antimicrobial effect on it. It was found that the most sensitive culture of *S. aureus* was to compounds 2 and 4 (MIC was 62.5-125 μg/ml). Regarding the test strains of gram-negative bacilli *P. aeruginosa*, the effectiveness of the compounds was different. The sensitivity of the culture of *Pseudomonas aeruginosa* was within the concentration range of 62.5-250 μg/ml. However, it should be noted that compounds 1, 2 and 3 were ineffective against *E. coli*, while all of these compounds were moderately active against *P. aeruginosa*. All of the tested substances had a slight antifungal effect and were effective at concentrations of 125-250 μg/ml.

References

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. Pandey V., Singh A., Mishra A. P. Chemistry and biological potentials of benzothiazoles derivatives: A critical review. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2022. V. 11. P. 222-245.
3. Keri R. S., Patil M. R., Patil S. A., Budagumpi S. A comprehensive review in current developments of benzothiazole-based molecules in medicinal chemistry. *European Journal of Medicinal Chemistry.* 2015. V. 89. P. 207-251.

УДК 615.46+675.043

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗХРОМОВИХ МЕТОДІВ ДУБЛЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ ЗІ ШКІРИ

Юнгін І. Б.

Київський національний університет технологій та дизайну
E-mail: iunginivan@gmail.com

На сучасному етапі розвитку медичної інженерії особлива увага приділяється підвищенню якості життя пацієнтів з ампутаціями кінцівок. Критичним елементом протезної системи є лайнер – демпфуючий інтерфейс між куксою та жорсткою гільзою протеза. Попри розвиток синтетичних полімерів, натуральна шкіра залишається унікальним біоматеріалом завдяки високим гігієнічним властивостям: здатності до сорбції поту, паропроникності та анатомічної адаптивності [1].

Традиційне дублення солями хрому (Cr(III)) створює ризики при тривалому контакті зі шкірою людини. Під впливом шкірного секрету іони хрому можуть переходити у токсичну форму Cr(VI), викликаючи дерматити та алергічні реакції. Це обумовлює необхідність переходу до концепції «Clean Technology» та створення напівфабрикату «wet-white». Якщо в минулому цей термін асоціювався переважно з попереднім дубленням солями алюмінію, то сучасна технологія передбачає використання діоксиду кремнію, силікату натрію, глутарового альдегіду, а також сполук титану та цирконію, які є біоінертними [2].

Метою роботи був аналітичний огляд перспективних методів безхромового дублення для виробництва шкір медичного призначення.

Методика дослідження базувалася на бібліометричному пошуку у наукометричних базах Scopus, Web of Science, Google Scholar за останні 7 років.

Результати аналізу свідчать, що специфіка експлуатації протезних лайнерів висуває жорсткі вимоги до матеріалу: гіпоалергенність, гідротермічна стійкість (80–95°C) та стійкість до циклічних доглядів [3]. Шкіра безхромового дублення має

збережену пористу структуру колагену, що запобігає мацерації епідермісу кукси. Найбільш перспективним напрямком є створення нанокомпозитних дубильних систем на основі монтморилоніту [4]. Впровадження шаруватих силікатів у колагенову матрицю дозволяє покращити фізико-механічні показники, підвищити сорбційну здатність та забезпечити баланс між міцністю та біомедичною безпекою виробу. Використання нанодисперсних глинистих мінералів у поєднанні з алюмінієвим дубленням забезпечує формування структури, що є оптимальною для виробів медичного призначення, де критично важливим є баланс між міцністю та гігієнічною безпекою [5]. Поєднання високої сорбційної здатності мінерально-силікатних систем із пластичністю альдегідних методів є найбільш перспективним шляхом створення лайнерів, що здатні ефективно відводити вологу, адсорбувати продукти шкірної секреції та витримувати інтенсивні циклічні навантаження.

Список літератури

1. Bai Z., Wang X., Zheng M. et al. Leather for flexible multifunctional bio-based materials: A review. *Journal of Leather Science and Engineering*. 2022. Vol. 4, No. 1. Art. 16.
2. Ding W., Remón J., Jiang Z. Environmentally-friendly tanning for leather production: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2025. Vol. 23, No. 3. P. 839–864.
3. Łagan S., Liber-Kneć A. The determination of mechanical properties of prosthetic liners through experimental and constitutive modelling approaches. *Technical Transactions*. 2020. Vol. 115, No. 3. P. 197–209.
4. Mokrousova O., Okhmat O., Zhaldak M. Study of ecological technology of leather tanning with the use of modified montmorilonite. 2021. (дата звернення: 03.05.2026).
5. Wang H. Advantages of animal leather over alternatives and its medical applications. *European Polymer Journal*. 2024. Vol. 214. Art. 113153.

РОЗДІЛ 9. ІСТОРІЯ НАУКИ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

УДК 373.5.016:57]:37.091.313

ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ В ШКОЛАХ НІМЕЧЧИНИ

Васько А. В., Барна Л. С.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: anastasiavasko2004@gmail.com
barna@chem-bio.com.ua

У сучасних умовах трансформації освітнього простору, спричинених глобалізаційними процесами, цифровізацією та інтеграцією України до європейського освітнього простору, особливої актуальності набуває вивчення та критичне осмислення зарубіжного педагогічного досвіду. Біологічна освіта як складова природничої підготовки відіграє важливу роль у формуванні цілісного наукового світогляду учнів, розвитку екологічної культури, відповідального ставлення до довкілля та усвідомлення закономірностей функціонування живих систем. У цьому контексті значний інтерес становить система навчання біології в школах Німеччини, яка вважається однією з найбільш ефективних у Європі завдяки своїй практичній спрямованості, гнучкості та орієнтації на розвиток компетентностей [1].

Метою дослідження є комплексний аналіз організаційних, змістових та методичних особливостей навчання біології в німецьких школах, а також визначення можливостей адаптації окремих елементів цього досвіду в умовах української системи освіти. Для досягнення поставленої мети використано теоретичні методи дослідження, зокрема аналіз і узагальнення науково-педагогічної літератури, порівняльний аналіз освітніх програм, а також систематизацію сучасних підходів до викладання природничих дисциплін.

Країни ЄС розбудовують єдиний освітній простір, в рамках якого можна виділити три головні моделі організації шкільної освіти: однорівнева освіта (у такій системі немає формального

переходу від початкової до середньої (базової) школи, учні навчаються за спільною програмою; загальна основна навчальна програма (після успішного завершення початкової школи учні переходять до середньої (базової) школи і навчаються за єдиною загальною навчальною програмою); диференційована неповна загальна освіта (після успішного завершення початкового рівня освіти учні обирають різні освітні траєкторії на початку або під час здобуття неповної середньої освіти). Після закінчення середньої (базової) школи учні отримують різні сертифікати(документи про здобуття середньої освіти) відповідно до обраної освітньої траєкторії [5].

Проте, кожна з країн-членів ЄС має свої національні особливості функціонування сегментів системи освіти. Система шкільної освіти Німеччини має децентралізований характер, оскільки управління освітою здійснюється на рівні федеральних земель. Це зумовлює певну варіативність навчальних програм, однак загальні тенденції розвитку біологічної освіти залишаються спільними. Біологія посідає важливе місце у структурі природничих дисциплін і вивчається як окремий навчальний предмет на різних етапах шкільної освіти з поступовим ускладненням змісту. У середній школі, починаючи з 5-6 класів, вивчається ботаніка, зоологія, анатомія та екологія. Навчальні програми в старших класах охоплюють основні розділи біології, зокрема клітинну біологію, анатомію і фізіологію людини, генетику, екологію та еволюційне вчення, при цьому значна увага приділяється міжпредметним зв'язкам і формуванню цілісного бачення природничо-наукової картини світу [4].

Однією з визначальних особливостей навчання біології в Німеччині є його практична та дослідницька спрямованість. Освітній процес організовується таким чином, щоб учні не лише засвоювали теоретичні знання, але й набували навичок їх застосування у реальних ситуаціях. Значна роль відводиться лабораторним роботам, експериментам, спостереженням за природними об'єктами та польовим дослідженням. Навчання проводиться на базі лабораторій, шляхом проведення дослідів та участі у літніх школах. Такий підхід сприяє розвитку дослідницьких компетентностей, критичного мислення, уміння аналізувати та інтерпретувати результати власної діяльності. Крім

того, активно використовуються сучасні цифрові технології, інтерактивні освітні платформи та мультимедійні засоби, що забезпечують візуалізацію складних біологічних процесів і підвищують мотивацію учнів до навчання [3].

Важливим аспектом є індивідуалізація та диференціація навчання, які передбачають урахування індивідуальних особливостей, здібностей та освітніх потреб учнів. У німецьких школах широко застосовуються різнорівневі завдання, проєктна діяльність, групова та командна робота, що сприяє розвитку не лише предметних знань, але й соціальних, комунікативних і організаційних навичок. Особлива увага приділяється формуванню самостійності учнів, їх здатності до самоосвіти та відповідальності за результати власного навчання.

Порівняльний аналіз особливостей викладання біології в Україні та Німеччині свідчить про наявність суттєвих відмінностей у підходах до організації навчального процесу. Німецька модель характеризується більшою гнучкістю, орієнтацією на практичну діяльність та широким використанням інноваційних методів і технологій. Водночас українська система освіти, попри значний потенціал, потребує подальшого вдосконалення, зокрема у напрямі підвищення ролі практичної складової, оновлення матеріально-технічної бази навчальних закладів, а також впровадження сучасних педагогічних технологій, спрямованих на формування компетентностей [2].

Отже, досвід Німеччини у сфері навчання біології є важливим джерелом для модернізації вітчизняної освітньої системи. Його адаптація з урахуванням національних особливостей, освітніх традицій та ресурсних можливостей може сприяти підвищенню якості біологічної освіти в Україні, розвитку наукового мислення учнів та їх підготовці до ефективної діяльності в умовах сучасного суспільства.

Список літератури

1. Безпалько О. В. Освітні системи країн Європейського Союзу : навч. посіб. Київ : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2012. 352 с. https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/9019/1/Sysoieva%20Osvitni%20s.pdf?utm

2. Ващенко Л. С. Особливості іспитів з біології у країнах зарубіжжя. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2019. № 2. С. 38–45.
3. Гаманюк В. А. Теорія і практика іншомовної освіти Німеччини : монографія. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2012. 377 с.
4. Організація системи освіти Федеративної Республіки Німеччини. 2022. Електронний ресурс. https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2022/08/az_sistema-osviti-nimechchini.docx.pdf
5. The Structure of the European Education Systems 2019/20. URL: https://eurydice.org.pl/wpcontent/uploads/2019/10/ the_structure_of_the_european_education_systems_2019_20.pdf.

УДК 372.857

3D - МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ У СТАРШІЙ ШКОЛІ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФОТОСИНТЕЗУ У РОСЛИН З НАВЧАЛЬНОГО ПРЕДМЕТУ «БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ »

Данилюк В. О.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: vsedan246@gmail.com

У сучасній системі освітнього процесу зростає роль інтерактивних технологій, що сприяють активізації навчальної діяльності учнів, зокрема 3D-моделювання як ефективного інструменту. Використання експериментальних методів навчання в поєднанні з 3D-моделюванням дозволяє поглибити знання учнів з біології та екології, розвиваючи їхню здатність аналізувати і прогнозувати природні явища. Як стверджує К.М.Задорожний, метод проектів створює умови творчого саморозвитку та самореалізації учнів, сприяє формуванню необхідних життєвих компетентностей [3]. Експериментальні завдання, виконані у віртуальному середовищі, забезпечують краще розуміння складних біологічних процесів, як будова клітини, анатомія організмів чи екосистемні взаємозв'язки.

Формування предметної компетентності відбувається за рахунок розвитку критичного мислення, практичних навичок дослідження та вирішення проблем, що відповідає сучасним

освітнім стандартам. Це завдання потребує комплексного вирішення. Його складовою є навчання школярів дослідницьким умінням, які свідчать про рівень розвитку таких мислительних операцій, як бачити і формулювати проблему, будувати гіпотезу, визначати умови вирішення проблеми, уміння обґрунтувати причини і наслідки природних явищ [2]. Результати впровадження таких методів свідчать про значне підвищення мотивації учнів до навчання та поліпшення їх академічної успішності при вивченні предметів природничого циклу.

Завдяки сучасним комп'ютерним інноваціям учасники освітнього процесу мають можливість вступати в інтерактивний діалог між собою, а також використовувати інформаційні системи для пошуку, оброблення і пересилання інформації і активного обміну повідомленнями [4].

Рекомендації щодо використання комп'ютерних технологій у навчанні біології учнів містять публікації Алексієнко С., Білецької Н., Головцової М., Козленко О.Г., Міронець Л.П. [4]. Ефективність застосування 3D-технологій визначається їх інтеграцією в освітній процес, правильним добором навчальних завдань та забезпеченням доступу до відповідного технічного забезпечення. У перспективі використання тривимірного моделювання дозволяє адаптувати навчання до індивідуальних потреб кожного учня, сприяючи формуванню наукового світогляду і готовності до подальшої професійної діяльності в цій галузі.

Так, фотосинтез, як один із ключових процесів, що лежить в основі життя на Землі, є надзвичайно важливою темою для вивчення в старшій школі. Інтеграція сучасних технологій, таких як 3D-моделювання, може зробити навчання цього процесу більш захоплюючим і ефективним. Використання 3D-моделей дозволяє учням не лише краще зрозуміти складні біологічні явища, але й заглибитися у кожен етап фотосинтезу – від поглинання світла до утворення кінцевих продуктів.

Одним із цікавих інструментів для інтерактивного вивчення цього процесу є створення так званої «коробки експерименту». Така коробка може виступати моделлю, яка поетапно демонструє всі аспекти фотосинтезу. Використовуючи 3D-друк або комп'ютерне моделювання, школярі отримують можливість

побачити та дослідити структури, пов'язані з фотосинтезом, такі як хлоропласти, мембрани тилакоїдів і фотосинтетичні пігменти. Окрім візуалізації, цей підхід також стимулює учнів до активної участі в експериментах. Вони можуть моделювати умови, за яких рослина здійснює фотосинтез – змінювати освітлення, концентрацію вуглекислого газу чи температуру. Завдяки цьому учні отримують глибше розуміння факторів, які впливають на інтенсивність та ефективність процесу.

Застосування 3D-моделювання при вивченні біології і екології сприяє формуванню у здобувачів освіти низки вмінь і навичок:

- просторове мислення: здатність уявляти та аналізувати тривимірні об'єкти, моделі та процеси;
- технічна грамотність: оволодіння програмами для 3D-моделювання, такими як Tinkercad, SketchUp чи Blender;
- аналіз і синтез: уміння досліджувати складні структури організмів або природні системи і створювати на їх основі спрощені моделі;
- креативність: розробка інноваційних проектів та унікальних 3D-рішень для представлення біологічних процесів чи екологічних явищ;
- візуалізація даних: здатність трансформувати абстрактну інформацію в наочні моделі, що сприяє кращому розумінню теми;
- міжпредметні зв'язки: інтеграція знань з біології, екології, інформатики та навіть математики в процесі створення моделей;
- комунікація: навички роботи в команді для вирішення складних завдань та обговорення, як оптимально візуалізувати певну проблему;
- планування проєкту: уміння ставити цілі, визначати етапи розробки моделі й організовувати власну діяльність для їх досягнення;
- критичне мислення: аналіз отриманих результатів і внесення покращень у розроблені проєкти;
- знання екології та біології: поглиблення розуміння структури організмів, екосистем та процесів на основі створених моделей.

Використання 3D-моделювання дозволяє не лише засвоювати теоретичний матеріал, а й застосовувати його на

практиці, здійснюючи навчання більш цікавим та інтерактивним. Тому, щоб забезпечити повноцінне засвоєння знань, умінь та навичок, сформувати в учнів навчально-інтелектуальні уміння, зробити заняття більш яскравим та цікавим використовують інформаційно-комп'ютерні технології [1, 5].

Запровадження таких інноваційних методів навчання має на меті не лише покращити знання учнів з біології, але й розвивати їхні аналітичні здібності та закладати основи дослідницької діяльності. Таким чином, використання 3D-моделювання в освітньому процесі дозволяє не лише осучаснити навчальні теми, але й зробити їх більш захоплюючими для молодого покоління.

Список літератури

1. Білецька Н. Комп'ютерна підтримка формування основ наукового мислення в учнів під час вивчення біології. *Рідна школа*. 2008. №7-8. С. 53-56.
2. Ващенко Л. С. Розвиток дослідницьких умінь старшокласників в умовах профільної школи. *Біологія і хімія у рідній школі*. 2017, №3. С.23-27.
3. Задорожний К. М. Дослідницька та проектна діяльність під час вивчення біології. Харків: Видавнича група «Основа», 2008. 143 с.
4. Матяш Н. Ю., Коршевнюк Т. В., Рибалко Л. М., Козленко О. Г. Навчання біології учнів основної школи: методичний посібник. Київ: КОНВІПРІНТ, 2019. 208 с.
5. Міронець Л. Використання комп'ютерних технологій у шкільному курсі біології. *Біологія. Шкільний світ*. 2007. № 36. С.3-5.

УДК 373.5.016:57]:161.25-057.874

РОЛЬ ЗАВДАНЬ НА КЛАСИФІКАЦІЮ У ФОРМУВАННІ СИСТЕМНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ 7 КЛАСУ НА УРОКАХ БІОЛОГІЇ

Карпець Ю. А., Полянська Х. Ф., Москалюк Н. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: moskalyuk@chem-bio.com.ua

Шкільна освіта орієнтується не лише на засвоєння учнями знань, а й на формування здатності аналізувати, узагальнювати, систематизувати та застосовувати отриману інформацію у практичній діяльності. Сучасна шкільна біологічна освіта вимагає відходу від механічного запам'ятовування фактів на користь формування цілісної картини живого світу. У 7 класі учні вивчають різноманітність, що створює ідеальне підґрунтя для розвитку системного мислення – здатності бачити взаємозв'язки, ієрархію та цілісність біологічних систем.

Проте часто учні сприймають біологічну систематику як набір складних термінів, не розуміючи її внутрішньої логіки та еволюційного значення. Особливої актуальності це набуває у процесі навчання біології, оскільки зміст навчального матеріалу передбачає оперування значною кількістю понять, об'єктів, процесів і взаємозв'язків між ними [1].

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка методичних підходів до використання завдань на класифікацію для формування системного мислення учнів 7 класу на уроках біології.

Класифікація є одним із фундаментальних логічних прийомів мислення, що полягає у розподілі об'єктів на групи за певними спільними ознаками. У біології класифікація має особливе значення, оскільки сама наука ґрунтується на систематизації живих організмів, явищ та процесів [1, 2].

У процесі навчання біології завдання на класифікацію можуть використовуватися з різною дидактичною метою: для актуалізації опорних знань, пояснення нового матеріалу, закріплення вивченого, узагальнення та контролю знань учнів.

Такі завдання можуть реалізовуватися у формі таблиць, схем, логічних ланцюгів, вправ на встановлення відповідностей, групування об'єктів, побудови класифікаційних рядів тощо.

Важливим аспектом використання класифікаційних завдань є їхній вплив на формування вмінь систематизації знань. Виконуючи вправи на класифікацію, здобувачі освіти аналізують ознаки біологічних об'єктів, порівнюють їх, виділяють спільне та відмінне, здійснюють узагальнення й роблять висновки.

Особливого значення класифікаційні вправи набувають під час вивчення тем, пов'язаних із різноманітністю живих організмів. Наприклад, у курсі біології 7 класу учні класифікують тварин за типами, класами, середовищем існування, способом живлення чи особливостями будови. Така діяльність дозволяє краще зрозуміти закономірності організації живої природи та встановити взаємозв'язки між окремими групами організмів.

Дидактичний потенціал завдань на класифікацію проявляється також у розвитку логічного мислення учнів. У процесі виконання таких вправ активізуються основні розумові операції: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення та систематизація, що сприяє розвитку пізнавальної активності, самостійності й вмінню працювати з інформацією [3].

Крім того, завдання на класифікацію мають значний потенціал у реалізації компетентнісного підходу. Вони сприяють формуванню предметної компетентності з біології, інформаційно-аналітичних умінь, критичного мислення та навичок самостійного навчання. Використання таких вправ допомагає учням не лише засвоювати навчальний матеріал, а й застосовувати набуті знання у нових ситуаціях.

Ефективність класифікаційних завдань значною мірою залежить від методики їх використання. Доцільним є поступове ускладнення вправ, використання міжпредметних зв'язків, інтерактивних методів навчання та цифрових освітніх ресурсів. Особливо результативними є групові форми роботи, дидактичні ігри, інтерактивні таблиці та онлайн-платформи, що підвищують мотивацію учнів до навчання.

Наведемо приклади деяких завдань, що розділені за типами та рівнями складності, щоб розвивати саме системне мислення, а не просто перевіряти пам'ять, зокрема:

1. Завдання на виключення («Четвертий зайвий») – завдання мета, яких навчити учнів швидко аналізувати ознаки об'єктів та знаходити спільний знаменник. Наприклад, «Визначте «зайву» тварину в переліку та поясніть свій вибір з погляду біології: дощовий черв'як, п'явка медична, нереїда, аскарида».

2. Завдання на встановлення відповідності – це завдання мета, яких навчити співвідносити конкретний вид з його таксономічною групою. Наприклад, «Розподіліть запропонованих тварин за класами членистоногих. Тварини: 1. Кліщ тайговий; 2. Рак річковий; 3. Хрущ травневий; 4. Скорпіон кримський; 5. Дафнія; 6. Бджола медоносна. Групи: А) Ракоподібні, Б) Павукоподібні, В) Комахи».

3. Створення дихотомічного ключа (Метод «Так/Ні») – це завдання мета, яких розвиток найвищого рівня системного мислення – вміння самостійно будувати класифікаційну матрицю. Наприклад, «Уявіть, що ви відкрили чотири нові види тварин на острові. Науковці дали їм робочі назви: Тварина А (має крила і пір'я), Тварина Б (має крила, але тіло вкрите хітином), Тварина В (не має крил, живе у воді, має зябра), Тварина Г (не має крил, живе на суші, має шерсть). Складіть для мисливців дихотомічний ключ (покрокову інструкцію), щоб вони могли їх розрізнити».

4. Контекстні та проблемні завдання – це завдання мета, яких навчити учнів розуміти, що класифікація базується на комплексі ознак, а не на одній випадковій. Наприклад, «Сліпак і кріт живуть під землею, мають редуковані очі, міцні копальні кінцівки та циліндричне тіло. Проте біологи відносять Крота до ряду Комахоїдні, а Сліпака – до ряду Гризуни. На основі яких ознак вчені розділили цих тварин у різні класифікаційні групи? Що саме тут є критерієм класифікації?».

5. Завдання на класифікацію за функціональними ознаками – це завдання мета, яких показати, що класифікувати можна не лише за родинними зв'язками, а й за роллю в екосистемі. Наприклад, «Розподіліть цих водних мешканців за екологічними групами в океані: Планктон (пасивно переносяться течією), Нектон (активно плавають у товщі води) та Бентос (живуть на дні). Список тварин: Синій кит, Камбала, Дафнія, Кальмар, Морська зірка, Личинка комара».

Отже, завдання на класифікацію мають значний

дидактичний потенціал у шкільному курсі біології. Їх використання сприяє формуванню вмінь систематизації знань, розвитку логічного мислення, активізації пізнавальної діяльності та ефективності навчання. Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні методики системного використання завдань на класифікацію у навчанні біології учнів різних вікових категорій та визначенні їхнього впливу на рівень сформованості предметних компетентностей.

Список літератури:

6. Гнатюк В. В., Аркушина Г. Ф., Скорик О. Д. Інноваційні методи викладання біології: від традиційних до цифрових підходів. *Академічні візії*. 2024. Вип. 28. URL: https://doi.org/10.5281/zenodo.10656827.
7. Ягенська Г. В., Степанюк А. В. *Формування дослідницьких умінь школярів у галузі природничих наук (друга половина XX – початок XXI століття): монографія*. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. 282 с.
8. Adinugraha F. Learning Approaches in Biology Learning. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*. 2021. Vol. 11, № 1. https://www.researchgate.net/publication/350659913_Learning_Approaches_in_Biology_Learning.

УДК 373.5.016:57]:004.9-057.874

ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ НАВИЧОК УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ ЗАСОБАМИ МОБІЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кіндзеревич Д. П., Ласа С. І., Москалюк Н. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: moskalyuk@chem-bio.com.ua

Модернізація природничої освіти в умовах реалізації концепції Нової української школи вимагає впровадження інноваційних підходів, спрямованих на розвиток дослідницької компетентності учнів. Особливе місце у вивченні біології посідають польові дослідження (екскурсії, літні практики, фенологічні спостереження), які дозволяють учням безпосередньо

взаємодіяти з живими об'єктами у їхньому природному середовищі. Проте традиційні методи фіксації даних (паперові щоденники, громіздкі друковані визначники) часто знижують пізнавальний інтерес сучасних школярів, які належать до цифрового покоління. У зв'язку з цим актуальним є інтеграція мобільних технологій у процес польових досліджень як інструменту, що трансформує звичайний смартфон на мобільну наукову лабораторію.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка методичних засад використання мобільних технологій для формування дослідницьких навичок учнів основної школи під час проведення польових біологічних досліджень.

Питання організації учнівської дослідницької роботи досліджувалося науковцями у кількох ключових аспектах. Зокрема, вивченням теоретичного підґрунтя для поступового розвитку розумових операцій займалися В. Паламарчук, О. Савченко та інші. Специфіку застосування інструментів керування пізнавальним і науково-пошуковим процесом аналізували О. Забокрицька, Б. Коротяєв, В. Моляко, А. Степанюк тощо [1]. Водночас теоретичне обґрунтування дидактичних чинників, що сприяють розвитку дослідницького потенціалу та навичок учнів, представлене у працях В. Буряка, А. Іодко, Н. Москалюк, А. Сологуба, Г. Ягенської [2].

У роботах R. Godwin-Jones, J. Burston мобільні застосунки аналізуються як засіб підвищення навчальної мотивації та залученості школярів до дослідницької діяльності [3].

Екстраполяція цих теоретичних положень на площину природничої освіти дозволяє оптимізувати методику організації польових досліджень. Зокрема, імплементація смарт-технологій безпосередньо під час польових виїздів забезпечує інтеграцію учнів у простір «громадянської науки» та мінімізує часові витрати на рутинних етапах збору первинної інформації.

У контексті польової біологічної практики доцільно диференціювати використовуване програмне забезпечення за функціональним призначенням, виділивши такі ключові групи мобільних застосунків:

1. *Цифрова ідентифікація біооб'єктів* – застосунки на основі штучного інтелекту (iNaturalist, Seek, PlantSnap, Merlin Bird

ID). Вони дозволяють учням здійснювати експрес-визначення рослин, грибів, комах чи птахів за фотографією або аудіозаписом голосу безпосередньо в біотопі.

2. *Екологічний моніторинг та картинг* – вбудовані сенсори смартфонів (люксметри, шумоміри) або інтегровані бездротові датчики цифрових лабораторій для вимірювання параметрів довкілля (температура, вологість, освітленість, pH-середовища). Навігаційні системи (Google Maps, геоінформаційні сервіси) використовуються для фіксації точних GPS-координат знахідок рідкісних або інвазійних видів.
3. *Організація пошукової діяльності* – інтерактивні мобільні квести та маршрутні листи, створені на платформах Actionbound або Google Форми, що структурують польову роботу учнів та забезпечують миттєвий зворотний зв'язок.

Процес формування дослідницьких навичок учнів 5–9 класів засобами мобільних технологій має поетапний характер:

- орієнтовно-пошуковий етап, на якому учні за допомогою мобільних чек-листів вчаться виявляти екологічну проблему, формулювати мету спостереження та будувати гіпотези щодо взаємозв'язків у екосистемі;
- етап збору та документування даних, на якому учні опановують навички точного наукового документування. Використовуючи камеру та диктофон смартфона, вони створюють цифрові гербарії, фонотеки голосів птахів, фіксують антропогенні зміни ландшафту. Заповнення спільних Google-таблиць у польових умовах дозволяє акумулювати дані всієї учнівської групи в режимі реального часу;
- аналітико-результативний етап на якому здійснюється обробка результатів шляхом побудови діаграм, графіків чи інтерактивних карт (наприклад, карт поширення певних видів рослин у місцевому парку) безпосередньо на мобільних пристроях. Важливим елементом є верифікація даних, учні вчаться критично оцінювати результати автоматичного визначення застосунків, порівнюючи їх із науковими описами.

Практичний досвід показує, що використання мобільних

технологій у польових дослідженнях суттєво підвищує внутрішню мотивацію учнів до вивчення природничих наук завдяки елементам гейміфікації та цифровізації процесу. Спостерігається якісне зростання таких дослідницьких навичок, як спостережливість, здатність до аналізу та систематизації, критичне мислення при роботі з цифровою інформацією, а також навичок командної взаємодії у хмарному освітньому просторі.

Таким чином, мобільні технології під час польових досліджень в основній школі виступають ефективним дидактичним засобом, який перетворює учня з пасивного споглядача природи на активного дослідника-науковця, закладаючи міцну основу для подальшої проєктної діяльності.

Список літератури

1. Карплюк С. О., Федорчук О. С. Аналіз впливу інтернету на освіту: роль онлайн-курсів, віддаленого навчання та мобільних додатків у сучасній освітній системі. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. Т. 6, № 34. С. 1173–1185. https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-6(34)-1173-1185.
2. Шевченко О. М., Оляніч В. В., Приймак В. М. Ефективність використання мобільних додатків для підтримки онлайн-навчання. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. № 14. URL: https://doi.org/10.5281/zenodo.14754858.
3. Godwin-Jones R. Augmented Reality as a Pedagogical Technique. *The Encyclopedia of Applied Linguistics*. 2023. P. 1–7. https://doi.org/10.1002/9781405198431.wbeal20481.

УДК: 37.014.5:608.5:658.014(477)

ПРОСВІТНИЦЬКА ТА ОСВІТНЯ ДІЯЛЬНІСТЬ УКРАЇНСЬКИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПАНІЙ

Хома А. О., Щербатюк Т. Г.

Київський національний університет технологій та дизайну,
Київ, Україна
E-mail: kreodman@gmail.com, shcherbatiuk.th@knutd.edu.ua

Галузь біотехнології є одним із ключових факторів світової економіки, за дослідженням Precedence Research очікується, що обсяг світового ринку біотехнологій у 2025 році становитиме 1,77 трильйона доларів США, і прогнозується, що він зросте з 2,02 трильйона доларів США у 2026 році до приблизно 6,34 трильйона доларів США до 2035 року, що становить середньорічний темп зростання 13,61% з 2026 по 2035 рік [1].

В Україні розвиток біотехнології має багатий науковий потенціал на базі Національної академії наук України (НАН України), профільних університетів та виробничих підприємств.

Найбільш успішними з-поміж біотехнологій, котрі нині зазнають розвитку в Україні, визначено технології виробництва біопалива, біодеструкції та утилізації відходів, створення пробіотиків, біофармакологічні, генно-інженерні, діагностичні розробки [2].

У сучасних умовах важливим аспектом розвитку біотехнологічної галузі є активна просвітницька та освітня діяльність підприємств, яка спрямована на формування висококваліфікованого кадрового потенціалу, інтеграцію науки, освіти та бізнесу, а також популяризацію наукових знань серед населення, так званої біологізації та генетизації суспільства - інтеграції знань сучасних молеклярно-генетичних технологій і формування інтелектуального потенціалу суспільства [3].

Провідні українські біотехнологічні компанії, такі як Biopharma, Yuria-Pharm, Farmak,та Enzym Group, активно співпрацюють із закладами вищої освіти, зокрема з Національною академією наук України та профільними університетами. Найбільш успішні методи та вагомі результати таких взаємодій спостерігаються під час організації студентських практик, стажувань; участі фахівців компаній у навчальному процесі;

створення спільних науково-дослідних лабораторій.

Зокрема, компанія Biopharma розвиває сучасну R&D-інфраструктуру та проводить підготовку спеціалістів у сфері біофармацевтики, забезпечуючи студентам доступ до високотехнологічного обладнання та реальних виробничих процесів. компанія Biopharma та особисто пан Костянтин Єфименко започаткували не один успішний освітній проєкт та продовжують реалізовувати свої задуми для популяризації біології, хімії, фізики. Для цього обрали нетиповий для бізнесу шлях – самостійно створювати біошколи, навчальні класи, запрошувати високопрофесійних викладачів для підготовки молоді з природничих наук, інвестувати у сучасні підручники, у шкільну науку тощо. Саме у грудні 2024 року компанія Biopharma та Київський національний університет технологій та дизайну визначили напрямки для подальшої співпраці, розвитку та навчання студентів та школярів [4], а у вересні 2025 року. нова біошкола відкрила двері для нової генерації юних науковців у галузі life sciences.

Компанія Yuria-Pharm через платформу YP Biotech організовує наукові заходи, конференції та залучає молодих учених до досліджень у галузі рекомбінантних білків і РНК-терапії. Yuria-Pharm створила першу платформу в Україні для взаємодії науковців у сфері біомедичних наук –BioGENext, яка стартувала в вересні 2024 року в м. Київ. Конференція відбулась в гібридному форматі та зібрала більше 600 науковців.Учасниками заходу стали вчені, викладачі, студенти, фахівці медичних лабораторій та представники R&D-підрозділів фармацевтичних компаній [5].

Завдяки підтримки президента Yuria-Pharm, мецената, професора Миколи Гуменюка, а також самовідданої праці директорки музею Наталії Гоцуляк та іншим небайдужим людям прекрасного Городка, що на Хмельниччині, з'явилась перлина країни- найсучаснішний інформаційно-просвітницький центр G-MUSEUM (gmuseum.org.ua). У музейному комплексі все цікаво: природничі, історичні експозиції, «Art-простір» – місце для виставок художників, майстер-класів, але неймовірно вражає достовірне відтворення лабораторії професора Сергія Миколайовича Виноградського, видатного мікробіолога, який з

1905 по 1917 роки жив та працював у м. Городок [6].

Сфорца та Медічі підживлювали ґрунт італійського Ренесансу, а Гуменюк та Єфименко – гідні продовжувачі найкращих європейських традицій меценатства у сфері освіти – сіють насіння української Регенерації.

Список літератури

1. Biotechnology Market Size, Share and Trends 2026 to 2035. URL: https://www.precedenceresearch.com/biotechnology-market (дата звернення: 30.04.2026)
2. Комісаренко С. В. Стан та перспективи розвитку біотехнології в Україні. *Наука та наукознавство.* 2006. № 3. С. 68-70.
3. Mokrousova O., Okhmat O., Shcherbatyuk T. Impact of educational popularization of genetics on the development of society. *ICAMS* 2024. P. 150-154. 10.2478/9788367405805-021
4. Новий вектор співпраці з компанією «Біофарма» https://knutd.edu.ua/pod-ta-publkats/news/17909/ (дата звернення: 02.05.2026)
5. BioGENext Series – серія наукових монолекцій з біомедичних наук https://www.uf.ua/news-page/biogenext-series-seriya-naukovyh-monolektsij-z-biomedychnyh-nauk
6. Щорічний дослідницький звіт. Вісник клубу ім. Сергія Виноградського. К.: ТОВ «Вістка», 2023. 184 с.

УДК: 57.088.7:378.147.091.32-028.42

ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВОГО СЕМІНАРУ «МІЖНАРОДНИЙ ДЕНЬ ДНК – 2026», ПРИСВЯЧЕНОГО 120–РІЧЧЮ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ МИКОЛИ ДМИТРОВИЧА ТАРНАВСЬКОГО

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

Інформованість населення в галузі генетики – важлива складова сучасності, яка спонукає викладачів посилювати вивчення феномена спадковості та мінливості. Дисципліна «Генетика» є фундаментальною дисципліною для підготовки

біотехнологів за спеціальність «Біотехнології та біоінженерія» З урахуванням цього на кафедрі біотехнології, шкіри та хутра Київського національного університету технологій та дизайну здійснюється постійне анкетування перед початком вивчання генетики, яке допомагає встановити вхідний рівень знань та широту уявлень студентів [1]. З метою не лише вшанування історії відкриття ДНК, але й популяризація ролі українських учених у розвитку генетики та висвітлення сучасних досягнень біотехнології у 2024 р. був започаткований науковий семінар «Міжнародний День ДНК». Важливо, що семінар має свою ідейну основу – він розвивається в межах культурологічного проєкту «Стежками видатних земляків-науковців», який спрямований на популяризацію наукової спадщини та осмислення внеску українських учених у світову науку. Це створює унікальний синтез науки, культури та освіти.

Перший рік функціонування проєкту «Стежками видатних земляків-науковців» було присвячено діяльності Григорія Андрійовича Левитського, фундатора світової цитогенетики, автора терміну «каріотип», українцю за походженням, який народився, навчався й працював в Україні та загинув у сталінських таборах. 100 років тому в Києві вийшла друкована праця Григорія Левитського «Матеріальні основи спадковості», що є першим підручником з цитогенетики [2]. Проєктні експедиції 2025 року були присвячені Феодосію Григоровичу Добржанському, який відомий у світі як засновник американської школи популяційної генетики, як один із фундаторів синтетичної теорії еволюції. При цьому Ф. Г. Добржанський народився 125 років тому в м. Немирів, нині Вінницької області [3].

В рамках відзначення Міжнародного дня ДНК втретє поспіль відбувся міжнародний науковий семінар, який у 2026 році було проведено з метою відзначення ювілею першовідкривача мутагенної дії екзогенних ДНК Миколи Тарнавського (1906–1953), самобутнього вченого, геніального українського генетика і чесного громадянина [4, 5]. У семінарі взяли участь 109 учасників, яким чотири провідних науковця прочитали лекції. Алла Мадіч (Alla Madich), DSc, PhD, Prof. Assistant, Transgenic Technologist The Genetics Department The University of Cambridge, United Kingdom, біотехнолог галузі клітиних технологій, чия плідна в Україні

відображена в Енциклопедії Сучасної України, відкрила Міжнародний семінар лекцією «Науковий портрет українського генетика Миколи Тарнавського. Як медуза спричинила революційні зміни у клітинній біології. Управління генетичним кодом – Gene Drive Engineering». Сергій Науменко, спеціаліст з геномної біоінформатики програми скринінгу новонароджених провінції Онтаріо, Канада, кандидат біологічних наук, у своїй доповіді «Геномний скринінг новонароджених» узагальнив основні сучасні підходи та проекти, спрямовані на діагностику моногенних захворювань. Тетяна Клименко, викладач факультету біологічних і поведінкових наук Лондонського університету королеви Марії (Велика Британія), PhD, FHEA, FIBMS, провідна вчена, лекторка та популярізаторка досягнень біомедицини, у своїй лекції «Генетичні вакцини: ключові уроки масового застосування» надала послідовний обґрунтований та незаангажований аналіз сучасних постгеномних технологій, спрямованих на створення і виробництво молекулярно-генетичних вакцин. Юлія Швець, доцент кафедри біомедицини Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини», КНУ імені Тараса Шевченка; науковий консультант компанії Lilo, кандидат біологічних наук, доцент, атор книги «Біологічні основи інфекційних процесів бактеріальної етіології», перший розробник робочої програми навчальної дисципліни «Імунологія та імунобіотехнологія, яка викладається студентам факультету хімічних та біофармацевтичних технологій відвідала КНУТД у офлайн форматі. Лекція Юлії Швець «Взаємодія мікробіому та геному людини» збагатила учасників семінару теоретичними знаннями та практичними рекомендаціями щодо організації здорового харчування.

Прикро констатувати, що у Національні бібліотеці України імені В. І. Вернадського та Національні наукові сільськогосподарські бібліотеці роботи Миколи Тарнавського у галузі генетики відсутні, збереглася лише єдина брошура – методичний посібник «Еволюційне вчення Чарльза Дарвіна», 1946 р. Але наукова спадщина Миколи Дмитровича, не втрачена, її врятували та зберегли працівники бібліотеки Білоцерківського державного аграрного університету, тому у нас є можливість подальшого осмислення наукового доробку талановитого

українського генетика М.Д.Тарнавського. В 2019 р. топонімічна комісія, яка працює при Хмельницькій міській раді, підтримана ініціативу Хмельницького обласного осередку Всеукраїнської екологічної ліги (голова осередку, доктор сільськогосподарських наук, та той час завідувачка кафедри екології Хмельницького національного університету Наталія Міронова) та ухвалила перейменування вулиці Мічуріна на вулицю Миколи Тарнавського.

Список літератури

1. Mokrousova O., Okhmat O., Shcherbatyuk T. Impact of educational popularization of genetics on the development of society. ICAMS 2024. P. 150 – 154. DOI: 10.2478/9788367405805-021
2. Щербатюк Т. Г., Букорос Т. О. До століття з дня видання «Матеріальних основ спадковості» Григорія Андрійовича Левитського. Матеріали VIII Міжнар. науково-практичної конференція «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2024». С. 434-437.
3. Щербатюк Т. Г. «Стежками відатного земляка-науковця»: до 125-річчя від народження Добржанського Феодосія Григоровича. *Фактори експериментальної еволюції організмів.* Т. 36. С. 204. https://doi.org/10.7124/FEEO.v36.1735
4. Голда Д. М., Потопальський А. І., Кацан В. А. Листи у вічність українського генетика Миколи Тарнавського (до 100-річчя від дня народження М.Д. Тарнавського та 70-річчя першої його публікації про вплив ДНК на генетичні процеси). Физика живого. 2008. 16 (2). С. 177-183.
5. Кунах В. А. Розвиток генетики в Національній академії наук України : до 90-річчя від часу заснування Української Академії наук. Київ: Академперіодика, 2009. 102 с.
6. Кабачинська С. Микола Тарнавський: повернення із забуття. *Дзеркало тижня*. 19.07. 2019.

УДК 372.857

ВИКОРИСТАННЯ АНКЕТУВАННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ З ТЕМИ «МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН»

Олійник С. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: solomiao26@gmail.com

Сучасна біологічна освіта вимагає докорінного переходу від репродуктивного засвоєння готових знань до активного формування дослідницьких компетентностей. Вивчення теми «Мінеральне живлення рослин» є оптимальною базою для реалізації цього підходу, оскільки дозволяє організувати як короткострокові лабораторні роботи, так і довготривалі експерименти. Дослідницький підхід при вивченні цієї теми побудований на принципі наступності: від простого спостереження у 5 класі до складного моделювання фізіологічних процесів у 10 класі. Такий поетапний розвиток навичок дозволяє учням поступово опановувати складні методи біологічного аналізу, починаючи з візуальної оцінки об'єктів. Важливо, щоб кожен етап навчання відповідав психолого-педагогічним особливостям віку, забезпечуючи перехід від цікавості до наукового пошуку [1].

На пропедевтичному етапі (5 клас) дослідження зосереджені на вивченні умов життєдіяльності та ролі води як розчинника, де учні вчаться фіксувати зміни у щоденниках спостережень. У 7 класі фокус зміщується на мікроскопію кореневих волосків та порівняльний аналіз росту рослин у різних субстратах. Старша школа (10 клас) передбачає науковий рівень: вивчення метаболізму, плазмолізу, ролі макро- та мікроелементів (N, P, K, Mg, Fe, B, Cu), а також моделювання систем гідропоніки. Використання атласів-визначників для діагностики фізіологічних хвороб рослин на цьому етапі стимулює розвиток аналітичного мислення. Моделювання систем гідропоніки стає логічним завершенням вивчення теми, демонструючи практичне

застосування теоретичних знань [4].

Важливим інструментом для корекції цієї методики є анкетування. У межах магістерського дослідження було проведено опитування. Отримані результати дозволили проаналізувати два вектори: ресурсну базу та мотивацію учнів. Це дало змогу не лише оцінити поточний стан справ, а й спрогнозувати готовність учасників до впровадження інновацій [1].

Аналіз мотиваційного блоку показав, що більшість учнів виявляють інтерес до тривалих експериментів, проте зазначають складність у підтримці стабільної уваги протягом усього циклу дослідження. Цей результат вказує на необхідність розробки чітких алгоритмів та проміжних стимулів для підтримки пізнавального інтересу. Найбільш ефективним форматом вивчення мінерального живлення здобувачі освіти назвали самостійний лабораторний експеримент із живою рослиною, що підтверджує високу готовність до активної діяльності. Пріоритет практичної роботи над переглядом відео чи роботою з підручником свідчить про запит на справжню наукову практику. Водночас виявлено високий рівень усвідомлення актуальності теми для повсякденного життя, садівництва та фермерства [3].

Блок практичної діяльності допоміг ідентифікувати реальний стан впровадження методів мікроскопії та вирощування рослин. Виявилося, що віртуальні лабораторні роботи часто стають вимушеною заміною реальних через брак ресурсів. Результати анкетування виявили ключові перешкоди: брак навчального часу на уроці та відсутність обладнання чи спеціалізованих «куточків живої природи» для тривалого зберігання об’єктів. Також респонденти вказували на складність методик виконання деяких дослідів без сторонньої допомоги. Оптимізація позаурочного часу може стати ключем до вирішення проблеми обмеженого академічного часу [2].

Окрему увагу в анкетуванні приділено блоку інновацій. Результати свідчать про те, що значна частина здобувачів освіти знайома з теорією гідропоніки, проте лише поодинокі заклади впроваджують її на практиці. Це підтверджує розрив між теоретичною обізнаністю та практичними можливостями шкіл. Серед цифрових інструментів найчастіше використовується фотофіксація, тоді як датчики кислотності та спеціалізовані

мобільні додатки потребують ширшого впровадження. Систематизація отриманих у ході анкетування даних дозволила сформулювати конкретні вимоги до оновлення матеріальної бази кабінетів біології. Таким чином, отримані дані стали основою для розробки методичних рекомендацій, що сприяють інтеграції STEM-підходів у вивчення фізіології рослин [3].

Проведене дослідження підтверджує, що анкетування є незамінним етапом проектування сучасної освітньої траєкторії. Виявлені результати показують високий запит здобувачів освіти на реальну експериментальну роботу, що потребує перегляду традиційних планів уроків. Встановлені матеріально-технічні та часові бар'єри вказують на необхідність активнішого впровадження позаурочних форм діяльності та віртуальних симуляцій. Інтеграція інноваційних методів, таких як гідропоніка та цифрова діагностика, дозволяє значно підвищити науковий рівень шкільних досліджень. Узагальнені методичні рекомендації стануть дієвим інструментом для вчителів біології у формуванні критичного мислення та дослідницького азарту учнів.

Список літератури

1. Антонова О. Є., Єремєєва В. М., Мирончук Н. М. Методика організації науково-педагогічних досліджень: метод. посібник. Житомир, 2018. 76 с.
2. Василашко І. П., Гущина Н. І., Коршунова О. В., Патрикеєва О. О. Збірник матеріалів «STEM – світ інноваційних можливостей. Реалізація програми інноваційного освітнього проєкту «Я – дослідник». Київ: Видавничий дім «Освіта», 2020. 426 с.
3. Решетюк О. В. Методичні основи організації навчально-дослідницької діяльності школярів загальноосвітніх навчальних закладів з біології. URL: https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8675/Reshet_tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
4. Ягенська Г. В., Степанюк А. В. Формування дослідницьких умінь школярів у галузі природничих наук: монографія. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. 282 с.

УДК 581.9:712.253:37.091.3

РОСЛИННИЙ ПОКРИВ ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА «РАЇВСЬКИЙ ПАРК» ЯК ОБ'ЄКТ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ

Мацюк О. Б., Дуць М. П.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: macjuk@chem-bio.com.ua

Сучасна шкільна природнича освіта орієнтована на формування в учнів ключових і предметних компетентностей, розвиток дослідницьких умінь та екологічної культури. Важливу роль у реалізації цих завдань відіграє використання природних об'єктів як середовища для пізнання та практичної діяльності. Особливої цінності набувають території природно-заповідного фонду, які є осередками збереження біологічного різноманіття та можуть слугувати природними лабораторіями для організації освітнього процесу.

Одним із таких об'єктів є парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва «Раївський парк», розташований у Тернопільській області. Парк має важливе природоохоронне, історико-культурне та естетичне значення. Його територія характеризується значним видовим різноманіттям рослин, що створює широкі можливості для організації пізнавальної діяльності учнів у процесі вивчення біології, екології та природознавства [2. 4].

Рослинний покрив парку представлений різноманітними деревними, чагарниковими та трав'янистими рослинами. Серед деревних видів поширені дуб звичайний (*Quercus robur* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth), каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L.) та інші. Поряд з аборигенними видами зустрічаються інтродуценти, що становлять значний інтерес для ознайомлення учнів з особливостями акліматизації та поширення рослин [1].

Видове багатство рослинного покриву дає можливість використовувати територію парку як базу для проведення

навчальних екскурсій та польових досліджень. Безпосереднє спілкування з природою сприяє підвищенню пізнавального інтересу учнів, розвитку спостережливості та формуванню практичних навичок дослідницької діяльності. Під час екскурсій здобувачі освіти мають можливість ознайомитися з морфологічними особливостями рослин, визначити їх систематичне положення, дослідити екологічні зв'язки між компонентами природних угруповань.

Важливим напрямом використання рослинного покриву парку є проведення фенологічних спостережень. Вивчення сезонних змін у житті рослин дозволяє учням встановлювати залежність між розвитком організмів і чинниками навколишнього середовища, формувати навички тривалих спостережень та аналізу отриманих результатів. Такі дослідження сприяють розвитку наукового стилю мислення та набуттю досвіду самостійної роботи [2, 3].

Територія парку є сприятливою для організації проєктної діяльності учнів. Тематика досліджень може охоплювати вивчення флористичного складу, аналіз життєвих форм рослин, дослідження сезонної динаміки розвитку окремих видів, оцінювання санітарного стану деревних насаджень, виявлення рідкісних та декоративних рослин. Залучення учнів до виконання таких проєктів сприяє формуванню екологічної компетентності, умінню працювати з різними джерелами інформації, планувати дослідження та презентувати його результати.

Значний освітній потенціал «Раївського парку» полягає також у можливості реалізації міжпредметних зв'язків. Під час вивчення природних комплексів парку можуть інтегруватися знання з біології, екології, географії, історії та краєзнавства. Це сприяє формуванню цілісної картини світу та усвідомленню взаємозв'язку між природними й антропогенними компонентами довкілля.

Пізнавальна діяльність учнів у природному середовищі має важливе виховне значення. Безпосередній контакт із природними об'єктами сприяє розвитку екологічної свідомості, формуванню відповідального ставлення до збереження біорізноманіття та природної спадщини. Участь у природоохоронних заходах, екологічних акціях і дослідницьких проєктах забезпечує

становлення активної громадянської позиції та екологічно доцільної поведінки.

Таким чином, рослинний покрив парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Раївський парк» є важливим об'єктом пізнавальної діяльності учнів та ефективним засобом реалізації компетентнісного підходу в природничій освіті. Використання природного потенціалу парку сприяє розвитку дослідницьких умінь, формуванню екологічної культури та підвищенню ефективності освітнього процесу.

Список літератури

1. Андрієнко Т. Л., Онищенко В. А. Фітоценотичне різноманіття України та його охорона. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 316 с.
2. Заповідна справа в Україні : підручник / за ред. М. Д. Гродзинського, М. П. Стеценка. Київ : Географіка, 2003. 306 с.
3. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць. Львів : Світ, 2008. 456 с.
4. Злобін Ю. А. Основи екології. Київ : Лібра, 1998. 248 с.

УДК 371.388:373.5.016:502

МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДНИЦЬКИХ ПРОЄКТІВ ЕКОЛОГІЧНОГО СПРЯМУВАННЯ У ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ

Гавришків В., Слободянюк А., Столяр О.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: gavriskivviktoria119@gmail.com

На сьогоднішній день основною метою школи є не лише передача знань, а й формування у дітей важливих навичок. Візьмемо наприклад, ключові компетентності, однією з найважливіших серед них є екологічна. Це не тільки теорія про природу, але й розуміння того, які проблеми є насправді, відповідальне ставлення до природних ресурсів та готовність до їх збереження. У старшій школі це набуває особливого значення, оскільки саме в цей період формується світогляд і життєві цінності учнів. Важливо зазначити, що наукові проекти насправді є

ефективним засобом для розвитку екологічної освіченості дітей. Під час таких робіт діти проявляють себе досить активно на заняттях, їм цікаво вивчати нове, вони навчаються ставити під сумнів інформацію та проводити власні дослідження. Як зазначають досвідчені педагоги , завдяки проєктам діти не просто запам'ятовують факти, це справді покращує навчальний процес [1, 2].

Методика організації дослідницьких поділяється на послідовні етапи. Для початку слід підвищити мотивацію учнів, зацікавити їх екологічною проблемою, яка їм близька і стосується їхнього повсякдення. Далі визначаються тема, мета та завдання дослідження, висувається гіпотеза. Наступний етап пов'язаний із добором методів дослідження, серед яких можуть бути спостереження, експеримент, аналіз літературних джерел, польові дослідження. Найголовніше є те, що діти працюють самостійно , бо тільки тоді вони по-справжньому навчаються досліджувати. Завершальним етапом є обробка результатів, формулювання висновків і презентація проєкту [3]. Уроки біології тут відіграють особливу роль, адже вони створюють умови для безпосереднього дослідження природних об'єктів і явищ. Учні мають можливість вивчати екосистеми, дивитися, як людська діяльність впливає на природу, досліджувати стан довкілля своєї місцевості. Зокрема, за допомогою живих організмів можна перевірити, наскільки чиста вода чи повітря, що робить навчання більш наочним і практично значущим [4].

Ще одна річ, яку варто врахувати - це як організувати різні форми роботи, а саме: індивідуальної, групової та колективної. Групові проєкти сприяють розвитку комунікативних навичок і вмінню працювати в команді, проте індивідуальні завдання дозволяють врахувати інтереси та можливості кожного учня індивідуально . Крім того, ефективність проєктної діяльності підвищується завдяки міжпредметним зв'язкам , коли знання з біології поєднуються з хімією, географією, інформатикою[4]. Інноваційні технології відіграють важливу роль у реалізації дослідницьких проєктів. Дозволяє зробити навчальний процес більш цікавим: використання презентацій, відеоматеріалів, онлайн-ресурсів і 3D моделей. Це також сприяє розвитку їхньої інформаційної компетентності [5]. Участь у дослідницьких

проєктах сприяє формуванню в учнів відповідальності, самостійності та активної громадянської позиції. Вони розвивають уміння аналізувати інформацію, робити висновки, аргументувати свою точку зору та застосовувати знання у практичній діяльності. Це є важливою складовою підготовки дітей до життя в умовах сучасних екологічних викликів.

Отже, методично правильно організована проєктна діяльність екологічного спрямування є ефективним засобом формування екологічної компетентності учнів профільної школи. Вона забезпечує поєднання теоретичних знань із практикою, сприяє розвитку дослідницьких умінь і формує відповідальне ставлення до навколишнього середовища.

Список літератури

1. Білоус О. М. Організація навчально-дослідницької діяльності учнів з екології. *Педагогічні науки*. 2020. № 45(2). С. 112–118.
2. Бондар В. І. Методика формування дослідницьких компетентностей учнів профільної школи. *Наукові записки*. 2019. № 3. С. 56–62.
3. Гаврилюк Н. С. Екологічні проєкти як засіб формування ключових компетентностей учнів. *Освітній простір України*. 2022. № 18. С. 134–140.
4. Лисенко Н. В. Методика використання біоіндикаційних досліджень у шкільних проєктах. *Екологічна освіта*. 2023. № 9. С. 55–61.
5. Шевченко Л. М. Дослідницькі проєкти у системі профільного навчання. *Сучасна школа України*. 2023. № 6. С. 14–19.

УДК 378.018.8:373.5.011.3-051:54]:004.8-049.7](045)

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ ТА ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

Гладюк М. М., Гладюк Т. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: nnglad@tnpu.edu.ua, gladuk63@tnpu.edu.ua

Сучасна природнича освіта й хімічна зокрема, потребує від

вчителя володіння сучасними інструментами, що дозволять зробити процес навчання учнів наочним, інтерактивним, а також безпечним. Швидкий розвиток штучного інтелекту створює можливості для використання вчителем у професійній діяльності цифрових технологій, потенціалу нейромереж, удосконалення методики навчання природничих дисциплін. На думку Кочубей О.В., Совгіри С.В., Душечкіної Н.Ю, «штучний інтелект може і має стати органічним компонентом методичної підготовки майбутніх учителів хімії. Він здатний підвищити якість освітнього процесу, сприяти розвитку інноваційного мислення студентів та готувати їх до професійної діяльності в умовах цифрової трансформації освіти » [3, с. 263]. Отже, якісна освіта, якісний навчальний процес залежать від здатності педагога використовувати цифрові інструменти [2]. Разом з тим, використання штучного інтелекту в освіті потребує врахування його плюсів і мінусів [1].

Використання штучного інтелекту у підготовці майбутніх учителів природничої освітньої галузі забезпечує певні особливості цього процесу:

- когнітивне партнерство, за якого штучний інтелект виступає як інтелектуальний інструмент, «партнер», що допомагає обробляти інформацію, аналізувати її. Студент при цьому стає активним дослідником, а не просто пасивно сприймає інформацію, використовуючи ШІ для перевірки гіпотез, наприклад щодо здатності тих чи інших сполук вступати в хімічні реакції, зберігати свій склад і структуру чи перетворюватись на інші речовини за певних умов;

- персоналізація та адаптивність. Зокрема, створюються індивідуальні системи навчання (комп'ютерні програми з використанням ШІ). Такі програми адаптуються до потреб, здібностей, темпу кожного студента. Вони аналізують знання, навички і типові помилки студентів наприклад, під час розв'язування розрахункових задач і пропонують індивідуальні вправи для корекції;

- змінюється роль викладача з транслятора знань на фасилітатора, ментора, дизайнера освітнього простору, який вчить студентів правильно ставити запити до систем штучного інтелекту та критично оцінювати результати.

Майбутній вчитель хімії та природничих дисциплін має вміти створювати якісний методичний матеріал до уроків, розробляти завдання для учнів, конструювати конспекти уроків, плани позакласних заходів, організовувати і проводити безпечні для учнів досліди тощо. Використання моделей ChatGPT, *Gemini*, *Claude дозволяє опанувати студентам технікою запитів, підказок.*

Наведемо приклади методичних завдань, які майбутні вчителі можуть задати штучному інтелекту: скласти для учнів 8 класу 4 розрахункові задачі (від простішої до складнішої) на тему «Закон Авогадро»; запропонувати безпечний дослід для демонстрацій в кабінеті без витяжної шафи, який альтернативний розкладу калій перманганату; розробити сценарій рольової гри для учнів 9 класу «Суд над оксидом Карбону» для вивчення причин парникового ефекту; створити ілюстрації до тем «Кристалічні гратки», «Гідроліз солей» (для цього можна використовувати також безкоштовні генератори зображень зі штучним інтелектом Midjourney або Leonardo.ai.).

Одними з найважливіших для учнів тем у 8 класі є вивчення властивостей хімічних елементів, періодичної системи хімічних елементів. Використання учителем штучного інтелекту створює можливості для доступного пояснення школярам причин прояву періодичності, використання теоретичних знань для розуміння причин та прогнозування властивостей хімічних елементів та їх сполук. Зокрема, студенти його використовують для прогнозування властивостей невідкритих або радіоактивних елементів (наприклад, передбачання агрегатного стану, енергії іонізації та радіуса атомів для елементів 8-го періоду); створення порівняльних таблиць активності металів (наприклад, лужних чи лужноземельних) на основі аналізу їх електронних конфігурацій; створення візуалізації спектрів випромінювання кожного елемента (за допомогою ШІ-симуляцій здобувачі освіти можуть бачити атомні спектри («кольорові відбитки») кожного елемента, пояснюючи учням природу якісних реакцій на йони металів).

Використовуючи штучний інтелект, студенти вчаться також розпізнавати фейки, шукати помилки у відповідях нейромереж. Для підготовки майбутніх учителів хімії та природничих дисциплін важливим є організація та проведення дослідів.

Популярні освітні платформи Академія VRLab, Phet Interactive Simulations, Labster дозволяють проводити віртуальні досліди, складні та небезпечні реакції у безпечному цифровому середовищі.

Використання штучного інтелекту у підготовці майбутніх учителів природничої освітньої галузі має як свої переваги, так і недоліки (проблеми) [1]. До переваг можна віднести: інклюзивність (доступність експериментів для всіх студентів), можливість якісного навчання в дистанційному режимі, а також економність (зменшення витрат на реактиви). Недоліками (проблемами) є: питання академічної доброчесності, ризик помилок, когнітивна пасивність студентів, втрата навичок самостійно виконувати досліди з використанням приладів і матеріалів.

Отже, використання штучного інтелекту у підготовці майбутніх учителів хімії та природничих дисциплін є вимогою сьогодення, забезпечуючи умови переходу від репродуктивного навчання студентів до дослідницького та творчого. Вважаємо, що майбутній фахівець, який володіє методами ШІ-моделювання та генеративного дизайну уроків зможе не лише зацікавити учнів хімією, природничими дисциплінами, а й підготувати їх до життя.

Список літератури

1. Андрушко О., Павлюк Т. Штучний інтелект в освітньому процесі: плюси та мінуси. *Інтеграція штучного інтелекту в освіту – виклики та можливості*: збірник тез науково-методичних доповідей Всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації (Київ, 10 грудня 2024 р. – 20 січня 2025 р.). Частина 2. Київ – Львів – Торунь: Національний університет фізичного виховання і спорту України, Liha-Pres, 2025. С. 47 – 49.
2. Генсерук Г. Р. Цифрова компетентність як одна із професійно значущих компетентностей майбутніх учителів. Open educational e-environment of modern University. Kyiv, 2019. № 6. P. 8 – 16.
3. Кочубей О. В., Совгіра С. В., Душечкіна Н. Ю. Використання штучного інтелекту в методичній підготовці майбутніх учителів хімії. *Сучасні інформаційні технології та*

інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. Вип. 78, 2025. С. 257 – 266.

УДК 378.018.8:373.5.011.3-051:54

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ З ХІМІЇ ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ МИСЛЕННЯ УЧНІВ ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ

Гладюк М. М., Кравець М. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: nnglad@tnpu.edu.ua

Відмітною рисою сучасної загальноосвітньої школи є орієнтація на розвиток особистості учня, формування його основних інтелектуальних здібностей, насамперед здатності мислити, та освіченості. Розвиток розглядається як інтегрований результат навчальної діяльності учнів і формується передусім на основі опанування змістом загальної середньої освіти.

Розробкою та обґрунтуванням концептуальних положень розвиваючого навчання займались видатні педагоги, психологи та методисти сучасності – Н. М. Буринська (методика викладання хімії), Л. П. Величко, О. Я. Ярошенко (теоретична розробка курсів та методичного забезпечення для різних типів загальноосвітніх закладів), Ю. В. Мальований (розвиваюча система «Школа діалогу культур») та інші. Названі системи перебувають на різних ступенях розробленості, по-різному методично забезпечені, що і пояснює їх недостатнє в цілому поширення. На основі теоретичних пошуків в області розвиваючого навчання виникає потреба в розробці принципово нових освітніх методик та технологій навчання, спрямованих на розвиток однієї з найважливіших характеристик людини – інтелекту.

Дидактичні завдання різного роду, в тому числі й в тестовій формі, стали невід'ємною складовою системи загальної освіти. Їх вважають не лише об'єктивним інструментом виміру обов'язкових результатів навчання, а й запорукою забезпечення неявних параметрів педагогічного процесу (рівня знань та складності завдань). Такі дидактичні завдання забезпечують

швидкий, загальний та систематичний контроль за перебігом навчання взагалі і індивідуальний підхід до кожного учня зокрема, мобільність управління навчальним процесом, вчителю – оперативно вносити корективи у навчання.

Нині в школах використовують багато збірок завдань, які називають «дидактичними матеріалами», однак, вони часто не відповідають науково обґрунтованим вимогам до подібного роду завдань і не складають системи пов'язаних одне з одним завдань. Часто вони мають надто багато недоліків, серед який один з основних – репродуктивна спрямованість завдань, їх розцінюють переважно як інструмент контролю за рівнем навчальних досягнень учнів і лише в цьому розрізі, попутно, як засіб розвитку учнів. Необхідність розв'язання виявленої суперечності обумовлює актуальність дослідження проблеми формування системи завдань для забезпечення розумового розвитку учнів загальноосвітньої школи.

У розв'язані даної проблеми ми обмежилися викладанням в школі лише курсу хімії, який має багаті можливості щодо розвитку мислення школярів. Питання визначення якості розвиваючих завдань з хімії, розробка методики складання системи завдань, адаптація методики перевірки знань і умінь є важливою у плані дальшого розвитку теорії ї практики навчання хімії.

Предметом дослідження стали зміст і форма розвиваючих завдань та методика проведення занять з їх використанням.

Гіпотеза дослідження полягає у припущенні, що якщо в процесі викладання хімії систематично застосовувати дидактичні завдання розвиваючого характеру, то це дасть змогу:

- отримати об'єктивну інформацію про хід навчального процесу;
- підвищити мотивацію та ефективність навчання;
- здійснювати індивідуально орієнтований підхід до навчання учнів хімії і, отже, ефективно сприяти розвитку їх мислення та розумових здібностей.

Мета дослідження полягає в розробці і теоретичному обґрунтуванні динамічного фонду дидактичних завдань та тестів розвиваючого характеру та розробці методики їх використання в процесі засвоєння учнями знань з курсу хімії.

Під розвиваючим навчанням ми розуміли спосіб організації

навчання, зміст, методи і форми організації якого прямо орієнтовані на всебічний розвиток школяра, насамперед на розвиток мислення.

Дидактичний тест – це науково обґрунтований інструмент, який становить собою систему завдань специфічної форми, відповідного змісту, в якому запитання розміщені в порядку збільшення їх трудності, та яка дозволяє якісно оцінити структуру знань і ефективно виміряти їх рівень.

Оскільки в нашому дослідженні за мету паралельно з навчанням учнів поставлено ще й забезпечувати їх розвиток, то ще одним завданням було з'ясувати сутність загальнологічних методів та прийомів пізнання хімії. Оскільки методи навчання хімії служать розв'язанню пізнавальних завдань, то в них використовуються прийоми і методи логічного мислення: порівняння, аналіз і синтез, абстрагування й узагальнення, індукція і дедукція, аналогія. Таким чином, стає очевидним, що для успішного проходження поточного опитування, атестації, іспиту у формі тестування вивчення основних питань змісту курсу хімії, а також володіння основним логічними методами пізнання є необхідною умовою. Це означає, що підготовка повинна включати повторення і обговорення відповідного змісту, а також постійне застосування в процесі навчання ситуацій, в якій учні поставлені перед необхідністю висловлювати власні судження, робити висновки, аналізувати, прогнозувати, пояснювати тощо. Основу такої підготовки становить методика аналізу змісту запитань, виявлення ключових слів та базових знань з різних розділів (тем) курсу хімії.

Для успішного оволодіння ефективними прийомами інтелектуальної діяльності ми практикували з учнями використання опорних конспектів, що містять опорні, базові, знання з хімії. Для цього нами були використані як готові опорні конспекти, так і розроблені самостійно. Практично на кожному занятті, незалежно від дидактичного спрямування уроку, ми пропонували учням тренувальні завдання, спрямовані на їх інтелектуальний розвиток.

В ході дослідження створено фонд дидактичних завдань з хімії як основу для складання тестів для забезпечення інтелектуального розвитку учнів.

В основу методичного підходу до їх створення було покладено: а) кількісні та якісні характеристики елементів навчальної інформації, які повинні засвоїти учні за чинною програмою з хімії; б) адекватність завдань структурі та змісту чинної програми з хімії щодо засвоєння теоретичного навчального матеріалу, фактичного матеріалу, хімічної мови; в) класифікацію завдань за видами діяльності учнів (знати, вміти, розуміти, використовувати тощо). В процесі роботи над створенням банку завдань та розробки методики їх реалізації на уроках хімії ми виходили з переконання в тому, що подібні дидактичні завдання з хімії слугують розв'язанню пізнавальних завдань та забезпечують розвиток учнів лише за умови використання в них прийомів і методів логічного мислення: порівняння, аналізу і синтезу, абстрагування й узагальнення, індукції і дедукції, аналогії.

В якості методичного підходу для кращого засвоєння учнями ключових понять теми та підготовки їх до використання розвиваючих дидактичних завдань обґрунтовано таку побудову уроку, що передбачає виклад навчального матеріалу на основі опорних схем та конспектів. В цих конспектах представлено мінімальний, базовий зміст, який, в міру можливості, схематизовано та структуровано. Таке структурування дає змогу обговорювати властивості різних класів речовин із загальних позицій, що помітно полегшує вивчення матеріалу. Розроблені конспекти коротко коментуються, а можливості їх використання для виконання дидактичних завдань ілюструються на конкретних прикладах.

Наведемо приклад одного з таких завдань та можливу логіку учня в процесі його виконання

Завдання. Рівнянню реакції $Cr(NO_3)_3 + 3NaOH = Cr(OH)_3\downarrow + 3NaNO_3$ відповідає скорочене йонне рівняння реакції:

1) $Cr(NO_3)_3 + 3Na^+ + 3OH^- = Cr^{3+} + (OH)_3\downarrow + 3NaNO_3$;

2) $Cr(NO_3)_3 + 3OH^- = Cr(OH)_3\downarrow + 3NO_3^-$;

3) $Cr^{3+} + 3OH^- = Cr(OH)_3\downarrow + 3Na^+$;

4) $Cr^{3+} + 3OH^- = Cr(OH)_3\downarrow$.

Учень: Роблю аналіз завдання.

1. Ключові слова: "йонне рівняння реакції".

2. Базові поняття:
   - в повному йонному рівнянні реакції повною (молекулярною) формулою записуються осади, гази, неелектроліти та слабкі електроліти;
   - в йонному рівнянні суми зарядів справа і зліва повинні бути рівними.

3. а) записую йонні рівняння уявної реакції, при цьому враховую базові знання – формулу $Cr(OH)_3$ записую в повній формі:

$$Cr^{3+} + 3NO_3^- + 3Na^+ + 3OH^- = Cr(OH)_3\downarrow + 3Na^+ + 3NO_3^-;$$

$$Cr^{3+} + 3OH^- = Cr(OH)_3\downarrow.$$

b) Знаходжу відповідність між виконаним мною рішенням і варіантами відповідей.

4. Записую відповідь: **4.**

У дослідженні показано, що ефективність використання розвиваючих дидактичних у навчальному процесі потребує дотримування таких умов: а) систематичне використання розвиваючих завдань на уроках з попереднім навчанням учнів прийомам роботи з ними; б) використання цілісних тестів, які є системою завдань, а не випадковою збіркою; в) можливість вибору учнем числа та міри важкості завдань; г) комфортність для учнів самого педагогічного процесу, доброзичливість та вимогливість вчителя, атмосфера співпраці на уроці.

Застування розроблених нами розвиваючих дидактичних завдань в процесі навчання учнів хімії дає змогу максимально індивідуалізувати навчання і керувати навчальним процесом, а також сприяє розвитку мислення учнів.

Список літератури

1. Гладюк М. М. Дидактичні матеріали з хімії. 9 клас. Тернопіль: Підручники і посібники, 2018. 96 с.
2. Фурман А.В. Психодіагностика інтелекту в системі диференціації навчання. Книга для вчителя. К.: Освіта, 1993. 224 с.

УДК 37.091.33:547.556.3

ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ПРИ ВИВЧЕННІ АЗО- ТА ДІАЗО СПОЛУК

Хмеляр І. М., Кушнір Л. О., Бурбан О. І.

«Рівненська медична академія»

Використання барвників в харчовій та фармацевтичній промисловості обумовлено підвищенням привабливості відповідних харчових продуктів чи лікарських засобів. За останні роки рівень використання харчових добавок значно зріс. Використовуються як натуральні, так і синтетичні барвники. Недоліки натуральних барвників: їх низька стійкість до дії світла, кисню, підвищеної температури, а синтетичні – не втрачають забарвлення навіть при нагріванні. Окремі синтетичні барвники можуть чинити несприятливий вплив на організм людини, що потребує їх раціонального використання та контролю безпечності. Тому при викладанні хімічних дисциплін звертаємо увагу на взаємозв'язок будови, властивостей та застосування[4].

З огляду на зазначене, метою роботи було обґрунтувати використання проблемно-орієнтованих та ситуаційних завдань під час вивчення азо- та діазосполук як засобу формування критичного мислення майбутніх фармацевтів.

Використання барвників у харчовій та фармацевтичній промисловості зумовлене необхідністю покращення споживчих властивостей продукції. Застосовують як натуральні, так і синтетичні барвники, останні характеризуються високою стійкістю, проте окремі з них можуть негативно впливати на організм людини. Азобарвники широко використовують у фармації, лабораторній діагностиці, гістології, криміналістиці, текстильній промисловості та інших галузях. Це зумовлює необхідність формування у майбутніх фармацевтів умінь критично оцінювати доцільність і безпечність їх застосування[1, 4].

Вивчення проблеми барвників має міждисциплінарний характер і поєднує органічну, біологічну, фармацевтичну та токсикологічну хімію. Ефективність формування критичного мислення забезпечують: професійна підготовка викладача,

міжпредметна інтеграція, використання проблемно-орієнтованих і ситуаційних завдань, мультимедійних засобів та систематичний контроль результатів навчання[2, 3].

Окремі синтетичні барвники після біотрансформації перетворюється на інші сполуки, які спричиняють негативний вплив на організм людини, що можна відобразити такою схемою: хімічна структура → метаболізм → утворення метаболітів → взаємодія з білками → імунна відповідь. Саме тому доцільно використовувати професійно-орієнтовані ситуаційні завдання, які допомагають студентам простежити причинно-наслідкові зв'язки між будовою речовини, її метаболізмом та біологічною дією.

Наприклад:

1. Мати купує сироп для дитини 6 років. Повідомляє, що дитина має атопічний дерматит та харчову алергію. Запитання: Чи вважаєте Ви за доцільне звернути увагу на барвники у складі сиропу?

2. Пацієнт має в анамнезі бронхіальну астму та непереносимість ацетилсаліцилової кислоти. Запитання: Чи звернете Ви додаткову увагу на наявність тартразину (Е102) у складі препарату?

3. Помилка при ідентифікації сульфаніламіду.

Ситуація. Аналітик отримав протимікробну речовину. Результати: позитивна реакція діазотування; утворення азобарвника після азосполучення; у молекулі наявний атом Сульфуру. Висновок: «Речовина містить вторинну аміногрупу». Завдання: Знайдіть помилку та обґрунтуйте свою відповідь.

Використання ситуаційних задач сприяє розвитку критичного мислення відповідно до схеми: виклик – осмислення – рефлексія, що сприяє поєднанню знань доказової медицини з органічною та токсикологічною хімією. На заняттях ми практикуємо використання таких методик: аналіз інструкцій до лікарських засобів; аналіз складу продуктів харчування; роботу з нормативними документами щодо харчових добавок; проведення дискусій, дебатів.

Використання професійно орієнтованих ситуаційних завдань, міжпредметної інтеграції та проблемного навчання під час вивчення азо- та діазосполук сприяє розвитку критичного мислення, формуванню професійної компетентності майбутніх

фармацевтів та готовності приймати обґрунтовані рішення щодо безпечного застосування лікарських засобів.

Список літератури

1. Гарвасюк О. В., Іліка В. В., Гуз Л. О., Кулачек В. Т., Малайко С. С. Формування критичного мислення у студентів медиків як складова навчального процесу у закладах вищої освіти. *Актуальні проблеми сучасної медицини.* 2023. Т. 23. Вип. 4 (84). С. 273–277.
2. Пельо І. М., Рева Т. Д., Ніженковська І. В., Козак Н. Д., Коновалова Л. Д. Тенденції професійної підготовки фахівців із фармації в Україні. *Медичні перспективи.* 2020. 25 (3). С. 4–8.
3. Савченко І. П., Боднар Р. Я., Творко В. М., Орел Ю. М., Ткачук Н. І. Формування критичного мислення у студентів медичних спеціальностей: фактори впливу та ефективність педагогічних методик. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. № 25. С. 15-22.
4. Khmeliar I., Burban O. Формування професійної компетентності майбутніх фармацевтичних працівників в умовах реалізації міжпредметної інтеграції. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота».* 2019. 1 (44): 192-197.

УДК 373.5.016:57(430)

РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ НА УРОКАХ БІОЛОГІЇ ЗАСОБАМИ ПРОЄКТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Даніліна Є. А., Барна Л. С.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: danilinayevheniia.23111994@gmail.com
barna@chem-bio.com.ua

Сучасний етап трансформації системи освіти в Україні зумовлює необхідність переосмислення способів організації освітнього процесу та обрання дієвих методів навчання. Зокрема увага акцентується на реалізації компетентнісного підходу, який

спрямований не лише на засвоєння теоретичних знань, а й на вміння застосувати їх у практичних життєвих ситуаціях [3, 5]. Одним із дієвих методів реалізації такого підходу на уроках біології є проєктна технологія, яка поєднує здобуті теоретичні знання та практичну діяльність, сприяє розвитку критичного мислення, творчих та дослідницьких вмінь, формуванню необхідних предметних та ключових компетентностей, зокрема навичок командної співпраці [1, 2, 5]. Важливим є те, що учні впродовж роботи над проєктом є активними та рівноправними суб'єктами освітнього процесу, враховуються їхні інтереси та індивідуальні особливості. Не менш суттєвим є те, що учні самостійно оцінюють ступінь значущості та корисності створеного ними продукту для суспільства [4, 5].

З метою дослідження ефективності та частоти використання проєктної технології в освітньому процесі було проведено анкетування вчителів закладів загальної середньої освіти України та учнів 7-го та 11 класів з використанням цифрової платформи Google Forms. Отримані результати підтверджують ефективність даної технології в навчальному процесі.

Так, за результатами анкетування педагогів встановлено, що проєктна технологія має вагоме значення для розвитку ключових компетентностей в умовах Нової української школи. Анкетованими вчителями було відзначено позитивний вплив проєктної технології на розвиток критичного мислення здобувачів освіти, навичок інформаційно-аналітичної діяльності, командної співпраці та комунікації, цифрової грамотності та вмінь практичного застосування здобутих знань. Вчителі зазначають, що проєктна технологія позитивно впливає на мотивацію навчально-пізнавальної діяльності учнів, які з пасивного слухача перетворюються на активних та вмотивованих дослідників. Попри переваги освітяни також зазначають, що реалізація проєктної технології супроводжується певними організаційно-методичними труднощами, які пов'язані з недостатнім матеріально-технічним забезпеченням, складністю з оцінюванням навчальних проєктів.

Опрацювання відповідей школярів дає підстави для висновку про дієвість застосування проєктної технології на уроках біології. Учні, які брали участь в анкетуванні однозначно підтвердили, що їм подобається виконувати різноманітні

навчальні проєкти з біології. Вони зазначали, що така діяльність допомагає їм краще розуміти навчальний матеріал, аналізувати інформацію з різноманітних джерел, виявляти та встановлювати міжпредметні зв'язки, застосувати теоретичні знання у практичних ситуаціях, взаємодіяти у команді. Більшість із респондентів погоджується із тим, що проєктні технології роблять уроки біології більш цікавими та пізнавальними.

Проведене дослідження засвідчує, що більшість школярів не відчуває значних труднощів у процесі роботи над проєктами. Проте окремі респонденти (1-3 особи) констатували, що іноді відчували хвилювання та сором'язливість під час виступу, мали певні труднощі при оформленні результатів проєктної діяльності, а також зазначили, що мали недостатній рівень навичок аналізу інформації та були обмежені в часі для якісного виконання завдань. Це прямо вказує про необхідність посилення уваги до розвитку та вдосконалення навичок публічного виступу учнів, роботи з різними інформаційними ресурсами, аналізу та систематизації інформації, удосконаленню навичок самостійного планування та організації діяльності.

Розроблена та запропонована нами методика реалізації проєктної діяльності для учнів 7 класів на уроках біології, зокрема через реалізацію проєкту «Весна у кадрі: досліджуємо квіти рідного краю (Поділля)», поєднує дослідницьку та творчу активність учнів, має чітке практичне спрямування. Окрім того, що вона сприяє формуванню ключових та предметних компетентностей, насамперед її цінність полягає у сприянні усвідомлення учнями краси та цінності природи рідного краю, вихованні екологічно свідомої та відповідальної молоді. Завдяки безпосередньому спостереженню та дослідженню флори рідного краю (Поділля) школярі відчувають особисту приналежність та почуття обов'язку щодо збереження унікального рослинного світу рідного краю, що водночас підсилює патріотичний компонент освітнього процесу. Чітка та послідовна організація діяльності, необхідний методичний супровід, поєднання різних видів оцінювання та рефлексії, застосування цифрових інструментів, подвійна назва проєкту (робоча та творча – девіз), врахування індивідуальних потреб та інтересів учнів, все це разом забезпечує високу результативність даного проєкту та посилює мотивацію

учасників до плідної праці. Обраний тип та формат проєктної діяльності сприяє всебічному розвитку особистості учня та відповідає провідним принципам організації освітнього процесу в Новій українській школі, зокрема із застосуванням методів проблемного навчання.

Таким чином, результати проведеного дослідження підтверджують, що проєктна технологія є дієвим засобом реалізації новітнього підходу на уроках біології в умовах Нової української школи. Її використання сприяє формуванню ключових компетентностей, розвитку самостійності, критичного мислення, комунікативних умінь та здатності практично застосовувати здобуті теоретичні знання, що є важливою умовою підготовки компетентної, всебічно розвиненої та відповідальної особистості сучасного школяра, яка готова впроваджувати нове у життя.

Список літератури

1. Дядюшкіна І. Онлайн-курс: «Проєктна технологія навчання на уроках біології». *ТОВ «На Урок».* URL: https://share.google/XqCN572gpYeWLSp5z
2. Куруц Н. В., Карбованець О. І., Гасинець Я. С., Коваль Г. М., Кривцова М. В. Методика викладання біологічних дисциплін у профільній школі: навч. посіб. Ужгород: УжНУ, 2023. 217 с. URL: https://share.google/TrVkyqMMZSt5Ki6x8
3. Проектне навчання: коротко про головне. Нова українська школа | Веб-ресурс НУШ: веб-сайт. URL: https://share.google/G9B30ljEzXw6ypFUC
4. Формувальне оцінювання в базовій і старшій школі: труднощі, поради, вправи. *Освіторія Медіа.* URL: https://share.google/5Vq3gV6o3rLzPnuIG
5. Химич Е. О. Використання методу проєктів у процесі викладання біології у старших класах загальноосвітнього навчального закладу. *Журнал «Перспективи та інновації науки».* Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина». 2023. № 10 (28). С. 472-483. URL: https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-10(28)-472-483.

УДК 378.014.5:004.9](477:4-6ЄС)

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

[1,2]Вакерич М. М., [1]Гасинець Я. С., [1]Попович Г. Б., [1]Вакерич Д. М.

[1]ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
[2]Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
E-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

Цифровізація вищої освіти України постає як системоутворювальний чинник її трансформації, що суттєво актуалізувався в умовах пандемії COVID-19 та воєнного стану. Вона виходить за межі суто технологічного оновлення, охоплюючи глибинні зміни у змісті освітнього процесу, організаційних моделях функціонування закладів вищої освіти та механізмах управління ними. Упровадження цифрових технологій сприяє підвищенню якості та доступності освіти через інтеграцію сучасних інформаційно-комунікаційних інструментів, платформ дистанційного навчання, відеокомунікаційних сервісів і хмарних рішень, що забезпечують гнучкість освітнього середовища та його адаптивність до кризових умов [1, 2]. Водночас цифровізація стала ключовим чинником забезпечення безперервності освітнього процесу, зокрема для переміщених закладів вищої освіти та здобувачів з різних регіонів, а також сприяла розширенню можливостей академічної мобільності, розвитку відкритої та дистанційної освіти й утвердженню концепції навчання впродовж життя [4].

Попри значний трансформаційний потенціал, процес цифровізації супроводжується низкою системних викликів і ризиків. До них належать нерівномірність розвитку цифрової інфраструктури, зокрема обмежений доступ до сучасного обладнання та високошвидкісного інтернету, недостатній рівень цифрових компетентностей викладачів і студентів, а також зростання професійного навантаження на науково-педагогічних працівників, що може негативно впливати на якість освітнього процесу та спричиняти його формалізацію. Окремою проблемою є

послаблення соціалізаційної та виховної функцій університету в умовах домінування дистанційних форматів навчання [5].

Стратегічні напрями подальшого розвитку цифровізації вищої освіти України передбачають комплексний підхід, що включає модернізацію цифрової інфраструктури, забезпечення кібербезпеки та впровадження інструментів цифрової ідентифікації. Важливим аспектом є також удосконалення нормативно-правового та концептуального забезпечення цифрової трансформації, зокрема розроблення відповідних стратегій, оновлення освітніх стандартів і визнання цифрових кваліфікацій. Не менш значущим є системний розвиток цифрових компетентностей усіх учасників освітнього процесу як ключової умови ефективної інтеграції цифрових технологій у навчання [3].

У контексті європейської інтеграції цифрова трансформація вищої освіти розглядається як необхідна передумова входження України до Європейського простору вищої освіти та підвищення конкурентоспроможності випускників на глобальному ринку праці. Перспективними є моделі «цифрового університету», що передбачають використання хмарних технологій і інноваційних інструментів, зокрема технологій розподіленого реєстру, для управління освітніми даними та контентом. Динаміка наукових досліджень у цій сфері свідчить про стійке зростання інтересу до проблем цифровізації вищої освіти впродовж останніх років, що підтверджує її стратегічну значущість.

Таким чином, цифровізація виступає критичним чинником забезпечення стійкості, якості та інноваційного розвитку вищої освіти України. Вона відкриває нові можливості для підвищення доступності та гнучкості навчання, водночас потребуючи системних інвестицій у технологічну інфраструктуру, розвиток людського капіталу та вдосконалення нормативного регулювання. Важливою умовою ефективності цього процесу є збереження балансу між цифровими форматами навчання та традиційними формами академічної взаємодії, що забезпечують повноцінну реалізацію освітньої, наукової та виховної функцій університету.

Список літератури

1. Вакерич, М. М., Гасинець Я. С., Гедзур Т. І. Практична реалізація інноваційних технологій навчання у закладах

вищої освіти України в умовах енергетичної кризи: відповідь на сучасні виклики. *Академічні візії.* 2023. Вип. 17. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7719225.
2. Гасинець Я. С., Вакерич М. М., Куртяк Ф. Ф. Цифрова трансформація освіти майбутнього: стандарти, норми та правила. *Академічні візії.* 2023. 16, http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7605011.
3. Лабенко О. В., Вакерич М. М., Усата О. Ю. Діджиталізація та диверсифікація сучасного освітнього простору. *Академічні візії.* 2023. 15. https://doi.org/10.5281/zenodo. 7515054.
4. Alieksieieva H., Kravchenko N., Horbatiuk L., Nestorenko T., Zhyhir V., Kalinichenko A., Glazova Y. Digital transformation of relocated higher education institutions in Ukraine under martial law. *Problems and Perspectives in Management*. 2025. Vol. 23, is. 2 (si). P. 71–85. DOI: doi:10.21511/ppm.23(2-si).2025.06.
5. Hasynets, Y., Vakerych, M., Solnyshkova, S., Pustovoichenko, D., & Kuruts, N. Transforming Higher Education in the Digital Age. *Futurity Education*. 2024. 4(2). 263-278. https://doi.org/10.57125/FED.2024.06.25.14.

УДК 378.147:57

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

[1,2]Вакерич М. М., [1]Гасинець Я.С., [1]Вакерич Д.М.

[1]ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
[2]Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
E-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

Сучасний етап розвитку вищої освіти України характеризується активною модернізацією змісту, форм і методів навчання, що особливо актуально для природничих дисциплін. Біологічна освіта в закладах вищої освіти зазнає істотних трансформацій під впливом вимог Нової української школи, глобалізації наукового простору та швидкого розвитку цифрових технологій. Традиційна модель викладання, орієнтована переважно на репродуктивне засвоєння знань, поступово

змінюється компетентнісним підходом, який передбачає активну участь студентів у навчальному процесі, розвиток критичного мислення, дослідницьких навичок і здатності до міждисциплінарної інтеграції [1, 3, 5].

Особливого значення набуває підготовка майбутніх учителів біології, які повинні володіти не лише ґрунтовними фаховими знаннями, а й сучасними методиками навчання, навичками використання цифрових інструментів та здатністю організовувати дослідницьку й проєктну діяльність учнів [2, 4]. У зв'язку з цим актуалізується потреба у впровадженні інноваційних освітніх технологій, що забезпечують підвищення ефективності навчального процесу та формування професійних компетентностей майбутніх педагогів.

Аналіз сучасних наукових праць свідчить про активне впровадження цифрових і віртуальних технологій у процес викладання біологічних дисциплін. Значного поширення набули онлайн-платформи Moodle та Google Workspace, які забезпечують реалізацію змішаного навчання, організацію дистанційної взаємодії та індивідуалізацію освітнього процесу [3]. Важливу роль відіграють віртуальні лабораторії, симуляційні програми та VR/AR-технології, що дозволяють моделювати складні біологічні процеси й експериментальні ситуації. Використання таких засобів сприяє кращому засвоєнню теоретичного матеріалу, розвитку практичних умінь і підвищенню мотивації студентів до навчання [3].

Поряд із цифровими технологіями значну ефективність демонструють інтерактивні методи навчання, серед яких особливе місце посідають дискусії, мозкові штурми, дебати, робота в малих групах та імітаційні ігри [1, 4]. Такі методи стимулюють активну пізнавальну діяльність студентів, формують навички аргументації, комунікації та колективної взаємодії. Дослідники відзначають, що інтерактивні форми навчання позитивно впливають на рівень залученості студентів до освітнього процесу та сприяють розвитку критичного мислення [4, 5].

Важливим напрямом модернізації біологічної освіти є використання кейс-методу та проєктних технологій. Кейс-метод передбачає аналіз реальних або змодельованих професійних ситуацій, що дозволяє майбутнім учителям біології формувати

практичні навички прийняття рішень і застосування теоретичних знань у професійній діяльності [1, 2]. Проєктне навчання, своєю чергою, сприяє розвитку самостійності, творчого мислення та дослідницьких умінь здобувачів. Особливої ефективності воно набуває в умовах міждисциплінарної інтеграції та поєднання з педагогічною практикою [2].

Одним із пріоритетних напрямів сучасної біологічної освіти є STEM/STEAM-навчання, яке забезпечує інтеграцію природничих наук, технологій, інженерії, мистецтва та математики. Упровадження STEM/STEAM-підходів дозволяє формувати у студентів системне мислення, здатність до аналізу складних проблем і пошуку інноваційних рішень [3]. Інтегровані проєкти, орієнтовані на вирішення реальних практичних завдань, сприяють розвитку дослідницьких компетентностей та готовності майбутніх учителів до використання сучасних педагогічних технологій у професійній діяльності [2, 5].

Аналіз освітніх програм провідних закладів вищої освіти України свідчить про поступове впровадження спеціалізованих курсів, спрямованих на формування методичної компетентності майбутніх учителів біології. Значна увага приділяється дисциплінам, пов'язаним із методикою навчання біології, STEM-освітою, інтерактивними та проєктними технологіями, а також організацією дослідницької діяльності учнів [2, 4]. Основними принципами сучасної підготовки педагогічних кадрів визначаються практична спрямованість, активність, креативність, особистісна орієнтація та співпраця [2]. Важливим компонентом професійної підготовки залишається педагогічна практика, яка забезпечує апробацію інноваційних методів навчання у реальних освітніх умовах [4].

Незважаючи на позитивну динаміку впровадження інноваційних технологій, науковці виокремлюють низку системних проблем, що стримують ефективну модернізацію біологічної освіти. Серед основних бар'єрів визначають недостатнє матеріально-технічне забезпечення закладів вищої освіти, нерівномірний рівень цифрової компетентності викладачів та перевантаженість освітніх програм [3, 5]. У багатьох випадках відсутність сучасного обладнання та програмного забезпечення ускладнює реалізацію віртуальних лабораторій, STEM-проєктів і

цифрових освітніх ресурсів. Крім того, частина викладачів потребує системного підвищення кваліфікації щодо використання сучасних цифрових та інтерактивних технологій [1, 3].

Таким чином, в Україні здійснюється формування нової моделі вищої біологічної освіти, що поєднує цифрові технології, інтерактивні методи, STEM/STEAM-підходи та проєктне навчання. Використання інноваційних методик сприяє розвитку професійних компетентностей, дослідницьких умінь і критичного мислення майбутніх учителів біології, а також відповідає сучасним вимогам освітнього простору. Водночас подальше вдосконалення системи біологічної освіти потребує оновлення матеріально-технічної бази закладів вищої освіти, розроблення сучасного методичного забезпечення та впровадження системних програм підвищення кваліфікації викладачів.

Список літератури

1. Gniezdilova V., Mykytyn T. Case–Study as One of the Innovative Educational Technologies and Its Use in Biology Classes. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*. 2023. https://doi.org/10.15330/jpnu.10.1.114-125
2. Honcharuk V., Parakhnenko V., Kyrpychova I., Dekarchuk M. Innovative Teaching Technologies in the Natural Science Education System of Ukraine. *Pedagogy and Education Management Review*. 2025. https://doi.org/10.36690/2733-2039-2025-3-52-70
3. Koreneva I., Myroshnychenko N., Mykhailenko L., Matiash O., Kuzmenko H. The Use of Innovative Technologies in Education: analysis of effectiveness and implementation at different levels of education. *Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade*. 2023. https://doi.org/10.14571/brajets.v16.n3.625-638
4. Нікітченко Л. Принципи навчання та особливості їх реалізації у процесі підготовки майбутніх учителів біології до організації дослідницької діяльності учнів. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені М. Коцюбинського*. 2024. https://doi.org/10.31652/2786-5754-2024-7-67-76
5. Stepaniuk A., Zhyrska H., Mishchuk N., Barna L., Drobyk N., Hrubinko V. Витоки ефективної діяльності кафедри загальної

біології та методики навчання природничих дисциплін у системі «ЗВО-школа». *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*. 2022. https://doi.org/10.25128/2078-2357.21.4.12

УДК 2:37.033:17

ВИКОРИСТАННЯ ОБРАЗІВ ТВАРИН СВЯТОГО ПИСЬМА ЯК ЗАСОБУ РОЗВИТКУ ДУХОВНОСТІ ТА ЕТИКИ В ОСВІТІ

Кіндій С. М., Шевчик Л. О.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: kindiisofia@gmail.com

Сучасна освіта потребує дієвих засобів формування у здобувачів цілісного світогляду, де природничо-наукові знання поєднуються з духовно-етичними цінностями. Образи тварин Святого Письма становлять унікальний міждисциплінарний матеріал, оскільки одночасно належать до сфери біології (як реальні види фауни Палестини й суміжних регіонів) та сфери культури, релігії й моралі (як символи людських чеснот і пороків). Звертання до цих образів на уроках біології розширює виховний потенціал предмета, сприяє формуванню екологічної свідомості, шанобливого ставлення до живого та інтеграції природничої освіти із загальнолюдськими цінностями [3, 4]. В умовах сучасних викликів – глобальної екологічної кризи, війни та морально-етичних деформацій суспільства – таке інтегроване навчання набуває особливої актуальності.

Огляд джерел засвідчує, що означена тематика розкривається з різних позицій. Г. Геллей у «Біблійному довіднику» подає короткий коментар до текстів Святого Письма та контекст згадування тварин, що дозволяє правильно інтерпретувати їхні образи [1]. Найбільш системно зоологічний матеріал Біблії опрацював А. О. Топачевський у книзі «З Божого саду. Рослини і тварини у Святому Письмі», де охарактеризовано видовий склад, біологічні особливості та символічне значення згаданих організмів [4]. Педагогічні аспекти формування у

школярів емоційно-ціннісного ставлення до природи висвітлено у працях А. В. Степанюк, зокрема у статті «Стратегія поведінки людини в біосфері», де обґрунтовано принципи екоетичного виховання [3]. Природоохоронний вимір питання представлено у «Червоній книзі України. Тваринний світ» за редакцією І. А. Акімова, де наведено сучасний стан популяцій багатьох видів ссавців, образи яких знаходимо у Святому Письмі [5]. Систематичний опис класу Mammalia, до якого належать досліджувані тварини, ґрунтовно подано в електронному підручнику Й. В. Царика та ін. «Зоологія хордових» Львівського національного університету імені Івана Франка [2].

Мета дослідження – обґрунтувати дидактичний потенціал образів ссавців, згаданих у Святому Письмі, як засобу розвитку духовності та етики в освітньому процесі з біології. Об'єкт дослідження – процес духовно-морального та екологічного виховання здобувачів освіти на уроках природничого циклу. Предмет дослідження – образи ссавців Святого Письма як засіб формування ціннісних орієнтацій, етичних установок та біологічної грамотності учнів. Дослідження проводилися на прикладі ссавців, описаних у Святому Письмі, із залученням систематичної характеристики кожного виду та їхнього сучасного природоохоронного статусу в Україні.

Опрацювання літературних джерел [1, 4] дозволило укласти узагальнений анатомо-систематичний перелік ссавців, що згадуються у Святому Письмі та поширені (історично чи сьогодні) на території Близького Сходу й України. Перелік налічує 12 видів ссавців, що належать до 12 родів, 9 родин, 5 рядів класу Ссавці (Mammalia) (таблиця).

Аналіз літературних джерел [1, 4] показав, що тварини у Святому Письмі виступають не лише як представники реальної фауни Близькосхідного регіону, а й як носії потужних виховних та символічних смислів. Лев у Книзі пророка Даниїла (Дан. 6:16–24) уособлює силу та сміливість; вівця й бик у книгах Буття та Левит (Бут. 27:9; Лев. 1:2) – образ жертви та слухняності; коза постає у притчі про Страшний Суд символом морального вибору (Мф. 25:32–33); сарна виражає благородство і красу (Пісн. 2:8–9); вовк – жорстокість і віроломність (Мф. 7:15); ведмідь – справедливу кару (2 Цар. 2:23–25); кінь – войовничість (Йов. 39:19–25); осел –

лагідність і мирні наміри, що особливо яскраво розкривається в епізоді в'їзду Ісуса до Єрусалима (Лк. 19:29–39); верблюд – попередження про небезпеку багатства (Мф. 19:23–24). Даман капський (шафан) та нетопир-карлик належать до нечистих тварин (Прип. 30:26; Лев. 11:5, 19) і відкривають можливості для розмови з учнями про культурно-історичну зумовленість харчових приписів.

Серед 12 досліджених видів частина має близькі аналоги у фауні України (вовк, сарна європейська, кінь свійський, бик, вівця, коза). Ведмідь бурий (*Ursus arctos*), підвид якого фігурує у Святому Письмі як сірійський коричневий ведмідь, занесений до Червоної книги України, як і низка видів кажанів родини лиликових (Vespertilionidae) [5]. Це актуалізує розмову про відповідальність людини за збереження біорізноманіття. Інтеграція біблійних образів у курс біології сприяє реалізації компетентнісного підходу, формуванню ціннісного ставлення до природи, розвитку критичного мислення та міжпредметних зв'язків між біологією, етикою, літературою й релігієзнавством. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці методичних рекомендацій та системи компетентнісно орієнтованих завдань для уроків біології у 6–9 класах.

Таблиця

Перелік ссавців, образи яких використовуються у Святому Письмі

№	Українська назва	Латинська назва	Рід	Родина	Ряд
1	Лев	*Panthera leo*	Panthera	Felidae	Carnivora
2	Вовк	*Canis lupus*	Canis	Canidae	Carnivora
3	Ведмідь сірійський коричневий	*Ursus arctos syriacus*	Ursus	Ursidae	Carnivora

№	Українська назва	Латинська назва	Рід	Родина	Ряд
4	Осел	*Asinus africanus*	Asinus	Equidae	Perissodactyla
5	Кінь дикий	*Equus caballus*	Equus	Equidae	Perissodactyla
6	Бик свійський	*Bos taurus*	Bos	Bovidae	Artiodactyla
7	Вівця свійська	*Ovis aries*	Ovis	Bovidae	Artiodactyla
8	Коза свійська	*Capra hircus*	Capra	Bovidae	Artiodactyla
9	Сарна європейська	*Capreolus capreolus*	Capreolus	Cervidae	Artiodactyla
10	Верблюд двогорбий	*Camelus bactrianus*	Camelus	Camelidae	Artiodactyla
11	Даман капський	*Procavia capensis*	Procavia	Procaviidae	Hyracoidea
12	Нетопир-карлик	*Pipistrellus pygmaeus*	Pipistrellus	Vespertilionidae	Chiroptera

Список літератури

1. Геллей Г. Г. Біблійний довідник Геллея: Короткий біблійний коментар. Торонто: Всесвітня християнська місія, 1985. 857 с.
2. Зоологія хордових : підручник/ Й.В. та ін.; за ред. Й.В. Царик. Львів, 2015.3326 с. URL: https://bioweb.lnu.edu.ua (дата звернення: 26.02.2026).
3. Степанюк А. В. Стратегія поведінки людини в біосфері. Біологія і хімія в школі. 1999. № 2. С. 22–25.
4. Топачевський А. О. З Божого саду. Рослини і тварини у Святому Письмі. Київ: Веселка, 2014. 279 с.

5. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.

УДК 58.0826006953+908(477)

МЕДІАГРАМОТНІСТЬ ТА КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Кузь М. М.

Хмельницький національний університет
E-mail: kzmkhl10@ukr.net

У роботі досліджено проблему формування медіаграмотності та навичок критичного аналізу біологічної інформації у здобувачів освіти. Стрімкий розвиток цифрових технологій та масове поширення псевдонаукових теорій (антивакцинаторство, ГМО-фобія, фейкові методи лікування) вимагають трансформації підходів до навчання біології. Визначено ключові інструменти та методичні прийоми, що сприяють розвитку критичного мислення учнів та студентів під час роботи з медіатекстами природничого спрямування.

Сучасний інформаційний простір перенасичений даними, значна частина яких стосується здоров'я людини, екології та біотехнологій. Під час кризових ситуацій, таких як пандемії або екологічні катастрофи, суспільство стикається з явищем «інфодемії» – лавиноподібним поширенням неперевіреної інформації. Для сучасної молоді здатність відрізнити науковий факт від маніпуляції чи відвертої дезінформації є критично важливою життєвою компетентністю. Тому інтеграція медіаграмотності в курс біології є актуальним завданням сучасної освіти. Обґрунтовано методики, що дозволяють учням та студентам відрізняти наукові факти від заідеологізованих догм, фейків та маніпуляцій**.**

Аналіз методів інтеграції медіаосвітніх елементів у процес навчання біології для формування у здобувачів освіти навичок критичного аналізу природничого контенту. Визначити ключові критерії медіаграмотності, необхідні для деконструкції та критичного аналізу заідеологізованої біологічної інформації в освітньому процесі [1, 2].

Методика критичного аналізу біологічного контенту (Алгоритм для освітнього процесу)

Для навчання учнів та студентів верифікації інформації доцільно використовувати алгоритм «П'яти фільтрів»:

1. Оцінка джерела; 2. Аналіз доказів; 3. Пошук маніпуляцій; 4. Фактчекінг; . 5. Науковий факт.

Аналіз першоджерела. Хто є автором публікації? Чи є посилання на рецензовані наукові журнали (Nature, Science, PubMed)?

Перевірка експертності. Чи має особа, яка коментує біологічне явище, профільну освіту та науковий ступінь у цій галузі?

Виявлення емоційних маркерів. Використання клікбейтних заголовків на кшталт «Вчені приховують...», «Шок! Знайдено ліки від усіх хвороб!» свідчить про маніпуляцію.

Аналіз аргументації. Чи базується твердження на репрезентативній вибірці та контрольованих дослідженнях, чи на поодинокому суб'єктивному досвіді?

Для ефективного розвитку медіаграмотності педагогам рекомендовано впроваджувати такі практичні завдання:

- Кейс-метод «Анатомія фейку». Учням пропонується реальна стаття з жовтої преси або соцмереж про «нову мутацію». Завдання - знайти логічні помилки та спростувати текст за допомогою підручника чи авторитетних наукових баз даних.

- Гра «Сліпий рецензент». Здобувачі освіти виступають у ролі наукових редакторів, які мають схвалити або відхилити публікацію матеріалу в медіа на основі аналізу його доказової бази.

- Створення власного медіапродукту. Написання постів для соціальних мереж, зйомка відео в TikTok або створення інфографіки, де складні біологічні процеси (наприклад, реплікація ДНК або фотосинтез) пояснюються просто, але без втрати наукової точності [3].

Отже, формування медіаграмотності у процесі вивчення біології трансформує пасивне засвоєння знань у активне критичне пізнання. Критичний аналіз медіатекстів біологічного змісту є запорукою формування наукового світогляду. Завдяки інтеграції інструментів фактчекінгу в освітній процес, учні не лише краще

засвоюють біологічні поняття, а й формують захисний імунітет проти інформаційних маніпуляцій, що безпосередньо впливає на якість їхнього життя та збереження здоров'я.

Впровадження медіаграмотності на уроках біології:

-Використання кейс-методу: розгляд історичних та сучасних наукових суперечок (наприклад, ГМО, вакцинація).

-Навчання розпізнаванню мови плакату та емоційних тригерів у науково-популярних статтях і медіа.

-Верифікація джерел: перевірка, чи спирається інформація на міжнародні рецензовані наукові дослідження, чи базується на лозунгах та авторитеті однієї особи.

- Виявлення логічних хиб та маніпуляцій: пошук підміни понять (наприклад, ототожнення адаптації організму із успадкуванням набутих ознак).

- Контекстуалізація: з'ясування того, чи не є поданий біологічний факт результатом політичного чи ідеологічного замовлення [4, 5].

Список літератури

1. Каліберда М. С., Шаламов Р. В. Медіаграмотність на заняттях з біології : метод. посіб. для вчителя. Київ : АУП, ЦВП, 2020. 60 с. https://www.aup.com.ua/book-review/mediagramotnist-na-zanyattyakh-z-biolo.
2. Академія Української преси. Збірник статей Восьмої міжнародної науково-методичної конференції «Критичне мислення в епоху токсичного контенту» 21 лют. 2020. – URL:https://www.aup.com.ua/uploads/Zbirnyk_8_konf_2020.pdf .
3. Збірник освітніх практик з медіаграмотності / За ред. В. Іванова. Київ : Центр Вільної Преси, 2020. 184 с.
4. Шейбе С., Рогоу Ф. Медіаграмотність: Критичне мислення у мультимедійному світі : підруч. для вчителя / пер. з англ. С. Дьома ; за ред. В. Ф. Іванова. Київ : АУП, ЦВП, 2017. 319 с.
5. National Center for Science Education (NCSE). Media Literacy in Science Classroom. URL: https://ncse.ngo.

УДК 378.2:63:57:001.89(477)(091)

ЛОМОНОСОВ-ГЕЙЕР П. М. (1866? – 1909) – ЗАБУТА ПОСТАТЬ В ІСТОРІЇ АГРОБІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ УКРАЇНИ

Вергунов В. А.

Національна наукова сільськогосподарська бібліотека
Національної академії агарних наук України
E-mail: dnsgb_uaan@ukr.net

Отримання державності природньо змусило переглянути власних пантеонів слави й, тим паче, пам'яті, зумовило новий методологічний підхід щодо визначення: хто справжній українець – той хто виключно народився на благодатних землях теперішньої країни чи можливо ще й той, який їх прославив…?! Як наслідок, написано тисячі різноманітних публікацій, що дозволили розмежувати в межах теперішніх територіальних кордонів України від багатовікової спільної Вітчизни й не тільки з росією відносно своїх героїв та їх звитяг заради майбутнього. Крім того, чисельними розвідками доведено, що ціла когорта представників інших народів і націй, талант та потенціал, яких всебічно розкрився саме в часи перебування на сучасних українських землях, заради майбутнього нашої нації. Однак за різних обставин, вони – свідомо через політиканство, особливо в добу радянщини, в українській історії викреслені з пантеонів пам'яті й, як наслідок, «розчинилися» аж до сьогодення в часі... Таких особистостей не просто – безліч, а й неймовірна кількість для різних складових культурно-просвітницького середовища нашої держави. Значний їх прошарок знаходиться в пошуку науково-освітнього сегменту надзвичайно політизованого українського суспільства. Неодноразово в такому пересвідчувався в розрізі: аграрна наука, освіта та техніка. Враховуючи, що, на власне переконання, одним із головних здобутків незалежності є можливість неупереджено та контекстово переглядати українську історію і навіть концептно та персоніфіковано, вже не одне останнє десятиріччя так і роблю. У першу чергу, відносно зародження, становлення і розвитку сільськогосподарської дослідної справи як галузі знань та організації, а також наймолодшої складової сучасного

природознавства та культури нації з широким і максимально неупередженим персоніфікованим наповненням або виключно зробленого на користь процвітання загальної справи. Незважаючи на вже стверджене, продовжую у процесі дослідження відкривати нові факти й імена та головне – доповнювати історію агробіологічної науки в Україні новим змістом через події еволюційного поступу. Черговим, на власне переконання, відкриттям стала постать Павла Михайловича Ломоносова (після одруження додав до свого прізвища ще – Гейер). Жодне довідкове видання як часів царської, так і радянської доби української історії, так і Білорусії та Росії не надає його навіть загальної біографії і, тим паче, – зазначено про його благі діяння для потреб вітчизняної науково-освітньої агрономії. Уся сьогоднішня бібліографія має виключно констатуючий і фрагментарний характер.

Упродовж більше п'яти років, відштовхуючись від двох невеличких некрологів про його смерть, систематизував загальну картину життя та творчих його звитяг на благо агробіологічної науки та освіти, продукування новітнього та інноваційного протягом 1990 – 1909 років, включаючи суспільну діяльність. Вона розпочалася після того як, на запрошення Правління, створеного в 1886 р. Лохвицького товариства сільських господарів, П. М. Ломоносова як одного з кращих випускників Горигорецького середнього сільськогосподарського (землеробського) училища з дипломом агронома 1 розряду та отримання звання «особистого дворянина», передбаченого «Статутом» закладу, в 1890 р. призначають інструктором по тютюнництву (за сумісництвом повітовим агрономом) Департаменту землеробства. Того року вчений розробляє програму експериментаторства та створює й очолює третю в Російській імперії (й Україні) постійну діючу казенну дослідну інституцію у вигляді – Лохвицької дослідної тютюнової плантації. Вона, до речі, стала першою казенною спеціалізованою галузевою інституцією в країні.

Протягом 1890 – середина 1895 рр., на підставі власних польових експериментів, П. М. Ломоносов відпрацював так звану, – лохвицьку (полтавську) технологію вирощування тютюну. Тим самим, ще й вдалося ствердити поняття «культури тютюну». Усі результати узагальнив у брошурі «Тютюн – Махорка», що вийшла значним накладом в 1899 р. спочатку в Санкт-Петербурзі, а потім

– Полтаві та Лохвиці. Вона стала, для свого часу, такою собі, – без перебільшення, настільною книгою усім бажаючим займатися надзвичайно прибутковим промислом. Паралельно, на створеному та очолюваним теж ним Лохвицькому дослідному полі, розробив лохвицьку (полтавську) технологію вирощування гречки й обґрунтував теорію, методологію на широкій науковій основі поняття її культури. У 1892 р. створив й очолив дослідно-показовий бджільник та розробив конвеєр олійних культур для забезпечення практичного бджільництва. Увесь процес напрацьованого на Полтавщині потім використав для потреб організації надання агрономічної допомоги сільському населенню на Північному Кавказі (Грузії) протягом 1895 – середина 1899 рр., працюючи в регіоні теж, як відряджений, на посаді інструктора по тютюнництву Департаменту землеробства. Власний план «онаучування», цього, як він писав «безкультурного» краю, виклав на нараді по тютюнництву, організованої Імператорським Кавказьким товариством сільського господарства в 1898 році. Він був прийнятий для реалізації, включаючи створення зразкової показової ферми, галузевого товариства та новітніх принципів рентабельного господарювання на землі. Чергові проблеми зі здоров'ям (хвороба серця) змусили повернутися до більш сприятливого клімату, а саме: на Полтавщину. З 1.10.1899 р. призначається Департаментом землеробства управителем (директором) приватного Жабківського нижчого сільськогосподарського ремісничого училища 2-го розряду імені Г. А. Залужного в с. Жабки Івахницької волості Лохвицького повіту Полтавської губернії. Радикально змінивши підхід до навчання шляхом прогресивної програми ремесел професора В. П. Горячкіна, що дозволила введення в чотирьохрічному циклі освітньої підготовки на користь максимально можливого запровадження закріплення практичними навичками тих, хто навчається, дав змогу закладу досить швидко отримати перший розряд. Окрім цього ще й додаткову фінансову підтримку Полтавського губземства як на освітній процес, так і відкриття показового дослідного поля. У 1903 р. П. М. Ломоносов відкриває та очолює Жабківське товариство сільських господарів, а також окремо й кредитне товариство для молоді. Варто також згадати його внесок у теорію та практику «землеробської механіки» через

проведення конкурсів по впровадженню сільськогосподарського ремаенту для потреб розвиваючої агроінженерної промисловості. Випускники училища отримали її затребуваність на рівні не лише регіону, а й країни.

Для передачі досягнутих позитивних результатів на ниві освітньої підготовки П. М. Ломоносов запрошується з доповіддю на різного рівня професійні зібрання, включаючи загальнодержавного значення, друкує статті в провідних галузевих часописах країни, включаючи брошури. Остання з них вийшла в 1909 році й була видана у вигляді практичних рекомендацій за результатами експериментів на Жабківському дослідному показовому полі по вирощуванню стійких врожаїв озимого жита та пшениці. До речі, вони як і попередні отримані в Лохвиці, відзначались чисельними нагородами навіть міжнародних галузевих виставок. Тільки передчасна смерть від розриву серця завадила надзвичайно оригінальному вченому-організатору та популяризатору галузевого науково-освітнього процесу реалізувати свій унікальний талант й потенціал. Нашою бібліотекою підготовлено до друку збірку обраних праць П. М. Ломоносова-Гейера. До неї увійшло 34 доступних його публікацій. Тим самим ми, виконуємо одну з головних статутних своїх функцій по створенню національної сільськогосподарської бібліографії. Готується окрема дисертація про його життєпис і звитяги заради майбутнього історично й еволюційно аграрної держави Україна. Продовжуємо й подальші історичні розвідки відносно П. М. Ломоносова-Гейера. Вони обмежені відсутністю отримати достовірні архівні документи, в першу чергу «Формулярний список інструктора по тютюнництву Департаменту землеробства», як, до речі, й відповідних документів за часи перебування в Грузії. На жаль, не маємо його фото й не вдається віднайти всі опубліковані ним статті із-за зміни прізвища та їх публікацію під криптонімами. Тим не менше, доступні інформаційні матеріали дозволяють говорити про значний, на жаль, забутий, внесок П. М. Ломоносова-Гейера для розвитку різних напрямів агрономічної науки в Україні наприкінці XIX – початку XX сторіччя. Вихід наприкінці біжучого року збірки обраних його праць дозволить кожному зацікавленому в цьому особисто пересвідчитися.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Матеріали

X Міжнародної науково-практичної конференції

ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ ЧИТАННЯ – TERNOPIL BIOSCIENCE – 2026

Макет і комп'ютерна верстка: Володимир Хоменчук

Підписано до друку 30.10.2026 р.
Формат 60х 84/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний 70 г/м^2. Друк електрографічний.
Умов.-друк. арк. 22,70. Обл.-вид. арк 10,30.
Тираж 100 примірників. Замовлення № 04/18/5-26.