



**ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ
ЧИТАННЯ –
TERNOPIL BIOSCIENCE – 2024**

Тернопіль

2024

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

УДК 57:502.1 (06)

Т 35

Редакційна колегія

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

Затверджено до друку

*вченою радою Тернопільського національного педагогічного
університету ім. Володимира Гнатюка
від 28. 05.2024 р. (протокол № 10)*

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

Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Тернопільські біологічні читання – Terнопil Bioscience – 2024», присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого-фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки, професора Кузьми Миколайовича Векірчика, 18-19 квітня 2024 р. Тернопіль: Вектор, 2024. 438 с.

У матеріалах висвітлені результати наукових досліджень з проблем фізіології та морфології організмів, молекулярно-генетичних і фізіолого-біохімічних особливостей організмів у трансформованому середовищі, біотехнології, екотоксикології, гідробіології, агрономії, біорізноманіття та шляхів його збереження, методики навчання природничих дисциплін, історії природничих наук.

© Тернопільський національний
педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка, 2024
© Автори тез доповідей, 2024
© Вектор, 2024

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

Зміст

ЗМІСТ

КУЗЬМА ВЕКІРЧИК – НАУКОВЕЦЬ, ВЧИТЕЛЬ І НАСТАВНИК (95 РОКІВ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)	17
Пида С. В., Конончук О. Б.	
РОЗДІЛ 1	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА БОТАНІКА І ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН.....22	
ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ЯЧМЕНЮ ДВОРЯДНОГО ЯРОГО ЗА ДІЇ КУЛЬТУР МІКРООРГАНІЗМІВ РОДІВ <i>STREPTOMYCES</i> , <i>BACILLUS</i> І <i>TRICHODERMA</i>	22
Андрюшенко О.В., Страшнова І.В., Штеніков М.	
ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕНДРОФЛОРИ СЕЛА ЯКИМІВКА НОВОУКРАЇНСЬКОГО РАЙОНУ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ	26
Аркушина Г.Ф., Сус Л.В.	
ВПЛИВ БАКТЕРИЗАЦІЇ <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> НА РОЗВИТОК ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ ШТУЧНОЇ ПОСУХИ	28
Віннікова О.І., Раєвська І.М.	
ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАСТРУКТУРИ ЛИСТКІВ МІСКАНТУСА ГІГАНТСЬКОГО (<i>MISCANTHUS GIGANTEUS</i> J.M. GREEF & DEUTER EX HODKINSON AND RENVOIZE).....	31
Герц Н.В., Хоміцька А. Б.	
ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОЇ ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ДЕПОНУВАННЯ ОРГАНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ В МОНОДОМІНАНТНИХ УГРУПОВАННЯХ <i>ELYTRIGIA INTERMEDIA</i> ТА <i>ARRHENATHERUM</i> <i>ELATIUS</i>	34
Дідик Н.П., Заіменко Н.В., Чудовська О.П., Харитоновна І.П.	
ВПЛИВ ПОСУХИ У КРИТИЧНУ ФАЗУ ОНТОГЕНЕЗУ ПШЕНИЦІ НА РІСТ І ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН.....	37
Жук О.І.	
АСПЕКТИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ РОСЛИН ЯК ЕЛЕМЕНТІВ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТ	41
Зелінська А.В., Нестерова Н.Г.	
АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОГРАФІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ РОСЛИН РОДИНИ <i>GRAMINEAE</i>	43
Калька Н.Т., Нестерова Н. Г.	

Зміст

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ ВІД ЗМІНИ КЛІМАТУ ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДУ <i>CARLINA L.</i>	46
Колісник Х.М., Грицак Л.Р., Задорожна К.А., Дробик Н.М.	
ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ РОСЛИН НА ДІЮ КОМПЛЕКСІВ РИЗОСФЕРНИХ РОСТОСТИМУЛЮЮЧИХ МІКРООРГАНІЗМІВ	50
Комінарець О.Є., Мельникова Н.М., Коць С.Я.	
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ВМІСТУ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ І ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ПІД ЧАС ПІДЖИВЛЕННЯ КАРБАМІДОМ.....	53
Конончук О. Б., Герц А. І., Прокопів І. Б.	
БІОМОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИДУ <i>HERACLEUM MANTEGAZZIANUM SOMMIER & LEVIER.</i> НА ТЕРИТОРІЇ КАМ'ЯНЕЧЧИНИ.....	57
Корсун О. С.	
ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНИХ СИСТЕМ ЛЮЦЕРНИ З РІЗНИМИ ШТАМАМИ СИНОРИЗОБІЙ ПІД ВПЛИВОМ ЗАСОЛЕННЯ	59
Коць С.Я., Михалків Л.М., Мельникова Н.М., Мокрицький К.А.	
КОЛЕКЦІЯ РОСЛИН ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ У ФОНДАХ ГЕРБАРІУ (УМ).....	62
Мамчур Т.В.	
ДОСЛІДЖЕННЯ АМІНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ КУЛЬТИВОВАНИХ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН МЕТОДОМ ГХ/МС	66
Марчишин С. М., Слободянюк Л. В, Рахметов Д. Б., Рахметова С. О., Демидяк О. Л., Скринчук О. В., Жиляєва С. М.	
ДЕРЕВНІ НЕКТАРОНОСИ ЛІСОВИХ УГІДЬ УРМАНСЬКОГО ЛІСНИЦТВА	70
Мацюк О. Б., Базилюк М. Л., Амброзюк О. Б.	
ОЦІНКА ПОСУХОСТІЙКОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН ІНТОРОДУКОВАНИХ ВИДІВ РОДУ ШАВЛІЯ (<i>SALVIA L.</i>) В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	73
Машковська С.П., Перебойчук О.П.	
ПРОБЛЕМИ І СУЧАСНИЙ СТАТУС ДОСЛІДЖЕНОСТІ РІЗНОМАНІТТЯ ГРИБІВ РОДУ <i>SIVORIA FUSKEL</i> В УКРАЇНІ	76
Новгородський А.А., Агафонов Д.Ю., Акулов О. Ю.	
ЗМІШАНИЙ ПАТОГЕНЕЗ У РОСЛИН	78
Патика В.П.	

Зміст

ВПЛИВ <i>E</i> -ГЕНІВ НА МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СОЇ В УМОВАХ РІЗНОЇ ТРИВАЛОСТІ ДНЯ	82
Раєвська І. М., Щоголев А. С.	
БІОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДИНИ <i>MAGNOLIACEAE</i> В УМОВАХ ЗАКАРПАТТЯ	85
Савіна О.І., Попович Г.Б., Вантюх О.М.	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН РОДУ <i>FAGACEAE</i> ДЛЯ ОЗЕЛЕННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА	87
Савіцька Л. В., Нестерова Н. Г.	
ЗНАХІДКИ ЕКІОФІТІВ СТАРИХ ЦВИНТАРІВ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЗЛАКОВОГО СТЕПУ	90
Скобель Н.О., Величко Н.С., Щепелева О.В., Мойсієнко І.І.	
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОРФОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ (П63ЛЛ356, РОЗАЛІЯ, КУПАВА)	94
Шлянта Т.Б., Гуменюк Г.Б., Мацюк О.Б., Волошин О.С.	
ІНТРОДУКЦІЯ ВИДІВ РОДУ СНІЖНОЯГІДНИК (<i>SYMPHORICARPOS DUHAMEL</i>) В УКРАЇНІ	96
Яворівський Р. Л., Долопікула Г. М.	
PIGMENT CONTENT IN THE LEAVES OF TOBACCO VARIETIES UNDER THE INFLUENCE OF HEAVY METAL IONS	100
Bronnikova L.I.	
РОЗДІЛ 2	
БІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН	103
ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ БІОЛОГІЇ ТЕТРАНІХОВИХ КЛІЩІВ (<i>ACARI, TETRANYCHOIDEA</i>)	103
Воробок І. М.	
ПРОЯВ ВНУТРІШНЬОВИДОВОЇ АГРЕСІЇ БИЧКА РУДОГО <i>PONTICOLA EURYCEPHALUS</i> (KESSLER, 1874) В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ.....	106
Караванський Ю. В., Заморов В. В.	
ВИДОВЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДИНОЗАВРІВ ЄВРОПЕЙСЬКОГО КОНТИНЕНТУ	109
Когут В. І., Шевчик Л.О.	
БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЛЕНЯ ДАВИДА ПРИ УТРИМАННІ В НЕВОЛІ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ.....	112
Корінець Н.О.	

Зміст

ВИВЧЕННЯ ПРЕІМАГІНАЛЬНИХ ФАЗ НА ПРИКЛАДІ <i>PIERIS BRASSICAE</i> (LINNAEUS, 1758).....	116
Метельська І. С., Голіней Г. М., Прокоп'як М. З.	
ВИДИ ПІДРОДИН MELITAEINAE ТА ARGYNNINAE В ЕНТОМОЛОГІЧНИХ КОЛЕКЦІЯХ КАФЕДРИ БОТАНІКИ ТА ЗООЛОГІЇ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА	119
Ясько Н. М., Голіней Г. М., Прокоп'як М. З.	
MUTATION PROCESSES IN THE <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i> POPULATION UNDER THE ACTION OF TITANIUM NANOPARTICLES.....	122
Mekhed O.B., Yachna M. G., Tretyak O. P.	
NEW GREGARINES SPECIES (APICOMPLEXA: EUGREGARINIDA) OF DARKLING BEETLES IN STEPPE DNIPRO REGION.....	126
Nazimov S. S.	
РОЗДІЛ 3	
АНАТОМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ.....	129
БРУСНИЦЯ І ЖУРАВЛИНА ЯК ДЖЕРЕЛО ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН У ХАРЧУВАННІ ЛЮДИНИ	129
Бомба М.Я., Федина Л.О.	
ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ	133
Волошин О.С., Ванкевич А.П., Гуменюк Г.Б.	
ВИКОРИСТАННЯ МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ СТОВБУРОВИХ КЛІТИН З МЕТОЮ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕПАРАТИВНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ	136
Волошин О.С., Сморгочок Ю.С., Волошин В.Д., Гуменюк Г.Б.	
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ З ФУНКЦІОНАЛЬНИМ СТАНОМ СТУДЕНТІВ	140
Жиденко А.О., Паперник В.В., Апецько А.М.	
СТАН ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ ЗА ДІЇ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА	144
Жильцова Г.В., Чень І.Б., Середяк А.В.	
ОСОБЛИВОСТІ ЗБУДНИКІВ РЕЦЕДИВУЮЧОГО ТОНЗИЛІТУ ТА ЇХНЯ ПРЕДИКТОРНА ЗДАТНІСТЬ ДО ПЛІВКОУТВОРЕННЯ.....	147
Кравець Н.Я., Климнюк С.І., Романюк Л.Б., Ткачук Н.І.	

Зміст

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ СТОВБУРОВИХ КЛІТИН ЖИРОВОЇ ТКАНИНИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ ХРЯЦОВОЇ ТКАНИНИ СУГЛОБІВ.....	149
Лечаченко С. А., Довгалюк Б. О., Довгалюк А. І.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОДОДЕФЦИТУ НАСЕЛЕННЯ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ	152
Хмеляр І. М., Кушнір Л. О.	
РОЗДІЛ 4	
БІОХІМІЯ І МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ	157
ВПЛИВ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ НА ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД БІЛКІВ СИРОВАТКИ КРОВІ КАРАСЯ ТА ЩУКИ.....	157
Вовчек Н. О., Хоменчук В. О., Костик О. О., Курант В. З.	
АКТИВНІСТЬ МІТОХОНДРІАЛЬНИХ ЕНЗИМІВ В ОРГАНІЗМІ ЩУРІВ ПІСЛЯ ОТРУЄННЯ ПІДВИЩЕНИМИ ДОЗАМИ АЗОРУБІНУ	160
Гаплик Г. П., Лихацький П. Г.	
ВИКОРИСТАННЯ МІЖМІКРОСАТЕЛІТНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ ПОПУЛЯЦІЙ РОСЛИН	164
Гук С. Ю., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М.	
ВПЛИВ L-КАРНІТИНУ НА УТВОРЕННЯ АКТИВНИХ ФОРМ КИСНЮ В ЯДРОВІСНИХ КЛІТИНАХ КОРДОВОЇ КРОВІ ПРИ КРІОКОНСЕРВУВАННІ	167
Зубов П. М., Зубова О. Л.	
ВПЛИВ КСЕНОБІОТИКІВ НА ВМІСТ ГЛУТАТІОНУ ТА АКТИВНІСТЬ ГЛУТАТІОНЗАЛЕЖНИХ ФЕРМЕНТІВ КРОВІ ЩУРІВ	170
Калінін І. В., Томчук В. А.	
ФОСФОЛІПІДНИЙ СКЛАД ТКАНИН ЩУКИ ЗА ДІЇ ПІДВИЩЕНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ	172
Марків В. С., Хоменчук В. О., Росовський Т. А., Курант В. З.	
ВПЛИВ ДІЇ МІКОТОКСИНУ Т2 НА КІЛЬКІСНИЙ ВМІСТ ПРОДУКТІВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ В ТКАНИНАХ КОРОПА.....	176
Матюшко С. М., Полотнянко Л. В.	

Зміст

ПОКАЗНИКИ НІТРАТИВНОГО СТРЕСУ В ЕРИТРОЦИТАХ КРОВІ ЯК БІОМАРКЕРИ РОЗВИТКУ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ У ЩУРІВ ЗА ВВЕДЕННЯ ЕКСТРАКТІВ ПЛОДІВ РІЗНИХ СОРТІВ ДЕРЕНУ СПРАВЖНЬОГО (<i>CORNUS MAS L.</i>)	179
Мороз А. А., Бродяк І. В., Сибірна Н. О.	
ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ НИРКОВИХ МАРКЕРІВ У КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ГОСТРОГО РЕСПІРАТОРНОГО ДИСТРЕС-СИНДРОМУ ТА ЙОГО КОРЕКЦІЇ ЗАСОБАМИ КЛІТИННОЇ ТЕРАПІЇ	181
Палій І.Р., Довгалюк А.І.	
ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЕРИТРОЦИТІВ ЗА УМОВ ВВЕДЕННЯ ЛІКАРСЬКОГО ГРИБА <i>GANODERMA LUCIDUM</i> (W. CURT.:FR.) P. KARST ЩУРАМ З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ МЕТАБОЛІЧНИМ СИНДРОМОМ.....	184
Петрин Т.С., Нагалецька М.Р., Сибірна Н.О.	
ВМІСТ НІКЕЛЮ В ПІРСНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ ТА ЙОГО БІОЛОГІЧНА РОЛЬ В ОРГАНІЗМІ РИБ	187
Петрушка Б.М., Козловський М. А., Хоменчук В.О., Курант В.З.	
ПРОТИВІКОВІ І ТЕРАПЕВТИЧНІ ЕФЕКТИ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ.....	191
Покотило О.С., Боднарчук Г.Р.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГУСТОГО ЕКСТРАКТУ З КАННИ САДОВОЇ ЛИСТЯ ЗА УМОВ ТОКСИЧНОГО ГЕПАТИТУ У ЩУРІВ	194
Страшкулич В.С., Бойко Л.А.	
EVALUATION OF CELLULAR STRESS RESPONSE IN BIVALVE MOLLUSK <i>U. TUMIDUS</i> EXPOSED TO MIXTURE OF WATERBORNE PHARMACEUTICALS AND GLYPHOSATE-BASED HERBICIDE	197
Ahmed Mohamed, Khoma Vira, Yunko Kateryna, Martyniuk Viktoriia, Matskiv Tetiana, Gnatyshyna Lesya, Stoliar Oksana	
THE INFLUENCE OF GERMINATION ACTIVATION ON THE CHANGE OF THE PROOXIDANT-ANTIOXIDANT BALANCE IN THE TISSUES OF LILIOPSIDA.....	200
Bobrova M.S.	
MULTI-MARKER APPROACH FOR THE EVALUATION OF NEUROLEPTIC CHLORPROMAZINE ENVIRONMENTAL TOXICITY UTILIZING BIVALVE MOLLUSCS AS BIOINDICATORS	203
Yunko Kateryna, Impellitteri Federica, Martyniuk Viktoriia, Multisanti Cristiana Roberta, Gnatyshyna Lesya, Zabolotna Maryna, Khoma Vira, Matskiv Tetiana, Gylyte Brigita, Bednarska Inna, Panasiuk Iryna, Tymkiv	

Зміст

Arsen, Mazepa Mariia, Lehkyi Volodymyr, Zabolotna Olena, Manusadzianas
Levonas, Faggio Caterina, Stoliar Oksana

РОЗДІЛ 5

АГРОНОМІЯ, ЗАХИСТ І КАРАНТИН РОСЛИН.....207

ОСНОВНІ ХВОРОБИ ТА ШКІДНИКИ СОНЯШНИКУ
ОДНОРІЧНОГО (*HELIANTHUS ANNUUS* L.).....207
Білошицька Х., Федус У., Дем'янчик О., Москалюк Н.В.

ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ (*TRITICUM
AESTIVUM* L.) ЗА ВПЛИВУ РЕКУЛЬТИВАНТУ
КОМПОЗИЦІЙНОГО TREVITAN®211
Дзедзель А. Ю., Швартау В. В., Пида С. В., Юнко М. Б., Кузь С. В.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ ГРУП
БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ
ОБРОБКИ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ214
Жиляк І.Д., Слободяник Г.Я., Дем'янів В.І.

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОЧАСТКИ ЯК МОЖЛИВІ
НАНОПЕСТИЦИДИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ217
Житкевич Н.В., Гнатюк Т.Т.

ВПЛИВ СОЛЬОВОГО СТРЕСУ НА СИМБІОЗ *MEDICAGO SATIVA* З
РИЗОБІЯМИ ПРИ УРАЖЕННІ ФІТОПАТОГЕННИМИ
АХОЛЕПЛАЗМАМИ221
Коробкова К.С., Затовська Т.В.

АГРОТЕХНІЧНІ ПРИЙОМИ ВИРОЩУВАННЯ КАВУНА
ЗВИЧАЙНОГО (*CITRULLUS LANATUS* (THUNB.) MATSUM. ET
NAKAI) В УМОВАХ ЗАХІДНИХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ222
Кравець М.Я., Грицак Л.Р.

ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ МІКОРИЗНИМИ АРБУСКУЛЯРНИМИ
ГРИБАМИ НА РІСТ ГОРОХУ ПОСІВНОГО226
Лисовський Р. Ю., Прокоп'як М. З., Голіней Г. М.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ
ОДНОРІЧНОГО (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)
У СУЧАСНИХ УМОВАХ.....229
Логуш О.М., Сташків І. П., Буранич М. В., Москалюк Н.В.

ПОТЕНЦІЙНІ РИЗИКИ ТА АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ
БІОГЕРБІЦИДІВ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ УКРАЇНИ233
Омельченко В.О., Нестерова Н.Г.

Зміст

ПРО СТАН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МІКРОБІОЛОГІЇ	236
ПРИЧИНИ НАЛЬОТІВ НА КАЧАНАХ ТА МІКОБІОТА ЗЕРНА КУКУРУДЗИ, ВИРОЩЕНОЇ В УМОВАХ ПРИЛУЧЧИНИ	240
Рожкова Т.О., Білявська Л.О., Фоменко С.В., Тяжкун О.О.	
ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ТА ФІТОТОКСИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У КОМЕРЦІЙНИХ ФУНГІЦИДА ТА ІНСЕКТИЦИДА.....	242
Ткачук Н.В., Зелена Л.Б., Новіков Я.Є.	
РОЗДІЛ 6	
ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ПРИРОДНИХ ТА БІОАКТИВНИХ СПОЛУК.....	245
ВИВЧЕННЯ СКЛАДУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ КОМПЛЕКСІВ З <i>CHLORELLA VULGARIS</i>	245
Боднар О. І., Ракочий А. І., Грубінко В. В.	
НАТУРАЛЬНІ ТА СИНТЕТИЧНІ БАРВНИКИ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДУ КОМПОНЕНТІВ.....	249
Мельничук Н.В, Крижановська М.А.	
APPLICATION OF MICROBIOLOGICAL CAROTENE IN FOOD PRODUCTS	251
Krychkovska L.V., Blyzniuk O.M., Karpushyna S.A., Shcherbak O.V.	
SYNTHETIC USAGE OF FUNCTIONALIZED ARYLTHIOCYANATOAMIDES CONTAINING AN ACETYLPHENYL FRAGMENT	255
Kytskai I. O., Vapliak L. V., Symchak R. V., Tulaidan H. M., Baranovskyi V. S.	
THIOUREAS BASED ON 4-AMINOANTIPYRINE. SYNTHESIS AND RE-REGULATING ACTIVITY	257
Omelchuk H. V., Baranovskyi B. V., Symchak R. V., Zagrychuk G. Ya., Baranovskyi V. S.	
РОЗДІЛ 7	
ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ В РОСЛИННИЦТВІ І ТВАРИННИЦТВІ	261
ОДЕРЖАННЯ АНДРОГЕННИХ ГАПЛОЇДІВ НА ОСНОВІ МІЖВИДОВИХ ТА МІЖСОРТОВИХ ГІБРИДІВ ЯЧМЕНЮ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ДОВГОТРИВАЛОЇ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ КОЛОССЯ	261
Білінська О.В., Шелякіна Т.А.	

Зміст

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ФЛАВОНОЇДІВ У ЛИСТКАХ <i>DRACOCERPHALUM MOLDAVICA</i> L. У КУЛЬТУРІ <i>IN VITRO</i> ВІД СКЛАДУ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА	264
Воробей Т.Ю., Гайдаржи О.В., Нужи́на Н.В.	
ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ ЕКОСИСТЕМ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ.....	268
Грицак Л.Р., Бойко Д.А., Федорчак Д.А	
ТОЛЕРАНТНІСТЬ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ РОСЛИН ПШЕНИЦІ З ГЕТЕРОЛОГІЧНИМ ГЕНОМ ОРНІТИН-Δ- АМІНОТРАНСФЕРАЗИ ДО ВОДНОГО ДЕФЦИТУ	272
Дубровна О.В., Прядкіна Г.О., Михальська С.І., Комісаренко А.Г.	
ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОЇ ДІЇ ГІДРОЛІЗАТУ ДРІЖДЖІВ НА БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ <i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.....	275
Качура В.Ю., Нестерова Н.Г.	
ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФО- ТА КАЛУСОГЕНЕЗ РОСЛИН РОДУ <i>SEDUM</i>	279
Матвеева Н., Белокурова В., Ратушняк Я.І., Дуплій В.П.	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН РОДУ <i>VIBURNUM</i> ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ...	282
Михайленко М.М., Нестерова Н.Г.	
ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ <i>RHODIOLA ROSEA</i> L. ТА <i>RHODIOLA SEMENOVII</i> BORISS <i>IN VITRO</i>	285
Мішук О.О., Підгірна Х.А., Колісник Х.М., Прокоп'як М.З., Грицак Л.Р., Дробик Н.М.	
ІННОВАЦІЙНІ ЕКОБІОТЕХНОЛОГІЇ	289
Любинський О.І.	
РОЗРОБКА ПІДХОДІВ КУЛЬТИВУВАННЯ <i>IN VITRO</i> ВИДІВ РОДУ <i>ARNICA</i> L.	292
Тарас Ю.М., Кравченко С.Я., Колісник Х.М., Грицак Л.Р., Дробик Н.М.	
ЗАСТОСУВАННЯ ЕНДОФІТНИХ БАКТЕРІЙ У СУЧАСНИХ АГРОБІОТЕХНОЛОГІЯХ	296
Титова Л.В., Шевчук Н.В., Дубинська О.Д., Голобородько С.П., Іутинська Г.О., Павліченко Ю.М., Білявська Л.О.	
GROWTH-REGULATING PHYTOHORMONES AUXINS AND CYTOKININS OF ENDOPHYTIC SOYBEAN BACTERIA	300
Leonova Natalia, Fomenko Snezhana, Hretskyi Ihor	

РОЗДІЛ 8	
ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЕКОТОКСИКОЛОГІЯ	304
ВЛИВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДНІСТРОВСЬКОЇ ГАЕС НА УГРУПОВАННЯ ГІДРОБІОНТІВ ТРАНСКОРДОННОЇ ДІЛЯНКИ ДНІСТРА	304
Афанасьєв С.О., Гулейкова Л.В., Летицька О.М., Мантурова О.В., Погорелова М.С.	
БІОРИЗНОМАНІТТЯ МАКРОЗООБЕНТОСУ ІНФРАЛІТОРАЛЬНОГО ПІСКУ ОДЕСЬКОГО МОРСЬКОГО РЕГІОНУ (ЧОРНЕ МОРЕ).....	308
Бондаренко О. С., Синьогуб І. О., Кудренко С. А., Рибалко О. А.	
ЕКОСИСТЕМИ МІСІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ – ПРИРОДНІ РЕЗЕРВАТИ МОРСЬКИХ ПРИБЕРЕЖНИХ РИБ	311
Виноградов О.К., Богатова Ю.І., Синьогуб І.О.	
ОЦІНКА КОРИГУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ МІКРОВОДОРОСТЕЙ ЩОДО ЗАБРУДНЕННЯ СЕРЕДОВИЩА ПЕСТИЦИДАМИ.....	314
Горин О. І., Колесницький Р. В., Боднар О. І.	
КОНТУРНІ ВОДОРОСТЕВІ УГРУПОВАННЯ РІЧКОВОЇ ДІЛЯНКИ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА (УКРАЇНА)	317
Григор'єва Г.С., Жорова А.В., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш.	
СТРУКТУРА УГРУПОВАНЬ РИБ НА ДІЛЯНЦІ РІЧКИ УЖ В МЕЖАХ ЕКОТОННОЇ ЗОНИ ПЛЕСО-ПЕРЕКАТ	320
Гупало О.О., Тимошенко Н.В., Летицька О.М., Коваленко Ю.О., Причепя М.В.	
МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНДОКРИННИХ РУЙНІВНИКІВ НА ПРЕСНОВОДНИЙ ЗООПЛАНКТОН (НА ПРИКЛАДІ ДАРНИЦІАЄ)	323
Кудрявцева Д.О., Коновець І.М.	
ВИКОРИСТАННЯ АЛЬГОСИСТЕМИ «БАЗИФІТ-ЕПФІТ» ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОРСЬКИХ ПРИБЕРЕЖНИХ ЕКОСИСТЕМ	327
Калашнік К.С.	
СУЧАСНИЙ СТАН УГРУПОВАННЯ ФІТОПЛАНКТОНУ ТИЛГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ (2021 – 2022 рр.).....	330
Ніконова С.Є.	
ЕКОБІОМОРФОЛОГІЧНІ ГРУПИ ПРІСНОВОДНИХ ПОКРИТОНАСІННИХ ГІДРОФІТІВ УКРАЇНИ	334
Погорелова М.С.	

Зміст

СТРУКТУРА УГРУПОВАНЬ ФІТОПЛАНКТОНУ БАСІВКУТСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА	336
Суходольська І.Л., Грубінко В.В.	
ОЧИЩЕННЯ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО СТАВУ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОВОДОРОСТІ <i>CHLORELLA VULGARIS</i>	341
Чвалюк Г. В., Грубінко В. В., Тиха С.Я.	
ВИДОВА СТРУКТУРА ТА КІЛЬКІСНИЙ РОЗВИТОК ФІТОПЛАНКТОНУ НАГУЛЬНИХ СТАВІВ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	351
Чужма Н.П., Базаєва А.М., Григоренко Т.В.	
ФЛОРА ДЕСМІДІЄВИХ ВОДОРОСТЕЙ (ZYGNEMATOPHYCEAE DESMIDIALES) КАР'ЄРНИХ ВОДОЙМ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ «ЗАМГЛАЙ»	355
Шиндановіна І.П.	
РОЗДІЛ 9	
ОХОРОНА, МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	358
ВПЛИВ РУЙНУВАННЯ ГРЕБЛІ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА НА ЯКІСТЬ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ МІСТА ОДЕСИ У 2023 РОЦІ	358
Богатова Ю.І., Секундяк Л.Ю., Кирсанова О.В.	
ВПЛИВ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ росії НА ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ	361
Вакерич М.М., Гасинець Я.С.	
НАСЛІДКИ ВОСНИХ ДІЙ НА ОРНІТОФАУНУ	366
Глинська О. М.	
ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РІЧКИ ІКВА КРЕМЕНЕЦЬКОГО РАЙОНУ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ВЕСНІ 2023 РОКУ	368
Гонтарук М.В., Гуменюк Г. Б., Хоменчук В.О., Сокіл Б.Б.	
ОСОБЛИВОСТІ СОРЕБЦІЇ ТА ДЕСОРЕБЦІЇ NO ₃ ⁻ БІОЧАРАМИ	372
Герц А. І., Хоменчук В. О., Конончук О. Б., Марків В. С., Горин О. І., Вальчук Ю. М.	
ОЦІНКА ВІДНОВЛЕННЯ ПЛАВНЕВОЇ РОСЛИННОСТІ НИЖНОБДНІСТРОВСЬКОГО НПП ПІСЛЯ ПОЖЕЖ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ.....	375
Дворецький Т.В.	

Зміст

ВОДА ПОВЕРТАЄТЬСЯ В КАХОВСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ	379
Кобилецька Т.В., Гуменюк Г.Б., Чень І.Б., Прокоп'як М.З.	
БІОІНДИКАЦІЙНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	382
Любчиков Р. Є.	
КОРЕЛЯЦІЙНІ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ МОРФОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА	385
Сверстюк С.А., Гуменюк Г.Б., Сверстюк А.С.	
ВПЛИВ АНОМАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ КИЇВСЬКОЇ ГЕС ТА НЕПРОГНОЗОВАНОГО ВОДООБМІНУ НА ОКРЕМІ ЕЛЕМЕНТИ БІОТИ РІЗНИХ ЛОКАЛІТЕТІВ МЕТАУГРУПОВАНЬ	388
Старосила Є.В., Рибка Т.С., Воліков Ю.М., Ларіонова Д.П., Лінчук М.І.	
РОЛЬ БОТАНІЧНИХ САДІВ У ЗБЕРЕЖЕННІ ТА РОЗШИРЕННІ РІЗНОМАНІТТЯ РОСЛИН.....	392
Герц Н.В., Трут Н. В.	
РОЗДІЛ 10	
ІСТОРІЯ НАУКИ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН.....	396
СУЧАСНЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЙОГО РОЛЬ У ЗБЕРЕЖЕННІ ЗДОРОВ'Я ЗДОБУВАЧІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.....	396
Барна Л. С., Жирська Г. Я., Міщук Н. Й., Степанюк А. В.	
ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДИК І ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ БІОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ	399
Вакерич М.М., Гасинець Я.С.	
ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ LEARNINGAPPS, ЯК ОДНОГО ІЗ ЗАСОБІВ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ БІОЛОГІЇ.....	402
Затуливітер Т.О., Дефорж Г.В.	
ФОРМУЄМО ЕКОЛОГІЧНУ КОМПЕТЕНТНІСТЬ: STEM-ПРОЄКТИ.....	406
Коваль В. О., Богдан. Т.М., Кисла О.Ф.	
НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЙ ПРАКТИКУМ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ ЯК ФОРМА РЕАЛІЗАЦІЇ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ХІМІЇ З БІОЛОГІЄЮ	410
Ковба І., Гладюк М.	

Зміст

ХІМІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ МЕТАЛІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У КУРСІ ХІМІЇ.....	413
Малік Л., Гладюк М.	
ВЕКІРЧИК К. М.: ЛЮБОВ ДО ПРИРОДИ ВПРОДОВЖ ЖИТТЯ.....	416
Москалюк Н. В., Мостецька О. І., Карпець Ю. А., Чабан М. С.	
БОТАНІЧНИЙ РОЗСАДНИК ЯК БАЗА ДЛЯ БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ВИХОВАННЯ	420
Парубок М.І.	
ТЕХНІКИ ФАСИЛІТАЦІЇ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧОГО ЦИКЛУ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.....	424
Петрів Л. В., Барна Л. С.	
САМОСТІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ЯК КОМПОНЕНТ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧОЇ ГАЛУЗІ	427
Степанюк А. В., Дубиняк Н. В.	
ІНТЕГРУВАННЯ МЕТОДИКИ МОНТЕССОРІ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС З БІОЛОГІЇ У СТАРШІЙ ШКОЛІ.....	431
Чисельська В. Л., Міщук Н. Й.	
ДО СТОЛІТТЯ З ДНЯ ВИДАННЯ «МАТЕРІАЛЬНИХ ОСНОВ СПАДКОВОСТІ» ГРИГОРІЯ АНДРІЙОВИЧА ЛЕВИТСЬКОГО.....	434
Щербатюк Т. Г., Букорос Т. О.	

УДК 929Векірчик

**КУЗЬМА ВЕКІРЧИК – НАУКОВЕЦЬ, ВЧИТЕЛЬ І
НАСТАВНИК (95 РОКІВ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)**

Пида С. В., Конончук О. Б.

Тернопільський національний педагогічний університету
імені Володимира Гнатюка

E-mail: pyda@chem-bio.com.ua; kononchuk@chem-bio.com.ua

15 вересня 2024 року виповниться 95 років від дня народження кандидата біологічних наук, професора кафедри ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, почесного члена Українського товариства фізіологів рослин, члена Товариства мікробіологів України та Національної спілки журналістів України Кузьми Миколайовича Векірчика.

Народився Кузьма Векірчик у селі Задубрівці, нині Снятинської міської громади Коломийського району Івано-Франківської області, у селянській родині. Свій шлях у навчанні розпочав у Задубрівській семирічній школі (тепер Задубрівський лицей імені Богдана Ступарика), яку, із перервою під час II Світової війни, закінчив з похвальною грамотою у 1947 р. У важкі післявоєнні роки відмінник-випускник школи навчав грамоті односельчан, що можна вважати початком освітянської діяльності.

Згодом він вступив до Снятинського сільськогосподарського технікуму (тепер Снятинський фаховий коледж закладу вищої освіти «Подільський державний університет»), який закінчив із відзнакою у 1952 р. та відразу вступив до Чернівецького університету (тепер Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича) на біологічний факультет за спеціальністю фізіологія рослин. Після завершення університету з 1957 р. він працював вчителем біології у селі Зелена нині Дністровського району Чернівецької області.

Професор Чернівецького університету Г. Х. Молотковський розпізнав ще у студентові Кузьмі Векірчику майбутнього науковця, який з ним у 1954 р. опублікував свою першу наукову працю, що стосувалася особливостей жилкування

95-річчя від дня народження Кузьми Миколайовича Векірчика

й опушення листків злаків. Саме, за рекомендацією професора Г. Х. Молотковського, у 1959 році К. Векірчик вступає до аспірантури на кафедрі фізіології рослин і мікробіології Чернівецького університету. Молодий науковець досліджує позакоренеve підживлення рослин мікроелементами.

Після закінчення у 1962 р. аспірантури К. М. Векірчик викладав фізіологію рослин і мікробіологію в Уманському державному педагогічному інституті (нині Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини).

Захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук 1 листопада 1965 р. на об'єднаній вченій раді біологічного факультету Львівського державного університету (тепер Львівський національний університет імені Івана Франка) і Львівського медичного інституту (тепер Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького) на тему «Вплив позакореневого підживлення мікроелементами на фізіолого-біохімічні процеси, ріст, розвиток і урожай капусти» та одержав наукову ступінь кандидата біологічних наук.

У 1965 р. за конкурсом був обраний на посаду старшого викладача, а з грудня 1966 р. – доцента кафедри агробіології загальнонаукового факультету Івано-Франківського педінституту (тепер Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника).

12 вересня 1967 р. Кузьма Миколайович за конкурсом посів посаду старшого викладача кафедри ботаніки Кременецького педагогічного інституту. 9 липня 1968 р. обраний на посаду доцента кафедри ботаніки на якій був затверджений у січні 1969 р. після отримання диплому кандидата біологічних наук.

Після перебазування у 1969 р. Кременецького педінституту у місто Тернопіль, доцент К. М. Векірчик був ініціатором створення у новому корпусі вже Тернопільського педінституту окремої мікробіологічної лабораторії кафедри ботаніки із стерилізаційним боксом.

У вересні 1987 р. на підставі високих досягнень у галузі навчальної і наукової діяльності, а також за активну роботу у написанні навчальних посібників і підручників, вчена рада Тернопільського педагогічного інституту рекомендувала Кузьму

95-річчя від дня народження Кузьми Миколайовича Векірчика

Миколайовича Векірчика на посаду професора кафедри ботаніки. Його призначення було затверджено 29 листопада 1991 р. із присвоєнням вченого звання «професор по кафедрі ботаніки».

На посаді професора кафедри ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка Кузьма Миколайович Векірчик працював до останніх своїх днів (помер 3 листопада 2009 р.), викладаючи курси фізіологія рослин, мікробіологія з основами вірусології, фітопатологія, живлення і продуктивність рослин. Крім лекцій і лабораторних, він проводив заняття з навчальної практики, керував виконанням курсових, дипломних і магістерських робіт, за що студенти завжди відзначали глибину і науковість навчального матеріалу та високий фаховий рівень професора.

Як науковець, Кузьма Миколайович завжди прагнув до наукової істини. У студентські роки досліджував морфологічні особливості листків злаків, пізніше вивчав вплив позакореневого підживлення мікроелементами і дію регуляторів росту й розвитку на рослини. Згодом науковець зосередився на дослідженнях впливу елементів мінерального живлення і регуляторів росту на фізіологічні процеси, симбіотичну азотфіксацію та продуктивність бобових культур, керуючи науково-дослідною групою.

Здібні учні-науковці професора К. М. Векірчика, нині доктори і кандидати наук, працювали і працюють, не тільки в Тернопільському національному педагогічному університеті, а й у інших начальних і наукових установах України.

Особливої уваги заслуговує громадська і журналістська діяльність К. М. Векірчика, яка розпочалась із 1948 р. із невеликої статті у Снятинській районній газеті. Далі все своє життя журналіст популяризував біологічну науку, описував важливі події в житті держави та життєвий шлях і діяльність багатьох своїх друзів, співробітників, складав вірші на важливі теми буття тощо. К. М. Векірчик виконував обов'язки заступника головного редактора щорічника «Українська наука: минуле, сучасне, майбутнє», у журналі «Освітянин» вів рубрики «Світ навколо нас» та «Особистості», був членом ТОВ «Знання», ініціатором створення Тернопільської обласної організації Українського реєстрового козацтва, жертвував чималі кошти на

95-річчя від дня народження Кузьми Миколайовича Векірчика

спорудження пам'ятників видатним українцем, Петриківському обласному геріатричному пансіонату, дарував книжки з власної бібліотеки тощо.

Науковий, освітянський і суспільний доробок Кузьми Векірчика, становить понад 360 публікацій, серед яких навчальні посібники і підручники – «Мікробіологія» (1973 р.), «Мікробіологія: лабораторні роботи» (1976 р.), «Фізіологія рослин» (1984 р.), «Мікробіологія з основами вірусології» (1987, 2001), «Лабораторний практикум з мікробіології» (2001 р.), навчальна програми для закладів вищої освіти з фізіології рослин і мікробіології з основами вірусології, довідник «Отруйні лікарські рослини» (1999 р.), серії наукових статей про мінеральне живлення рослин, симбіотичну азотфіксацію бобових культур, біографічні статті відомих особистостей краю й України загалом, науково-популярні публікації про дивовижі природи тощо.

За довгі роки натхненної праці професора К. М. Векірчика було нагороджено нагрудним значком «Відмінник народної освіти» (1972 р.), почесними грамотами МО України (1982, 1995), почесними грамотами ЦК профспілки працівників освіти вищої школи і наукових закладів (1988 р.) та управління освіти і науки Тернопільської обласної державної адміністрації (2004 р.) тощо, медаллю «Ветеран труда» (1986 р.), медаллю А. С. Макаренка (1990 р.). Кузьма Векірчик був почесним членом Українського товариства фізіологів рослин, членом Товариства мікробіологів України, членом Тернопільського відділення НТШ, членом Національної спілки журналістів України.

Головна ж нагорода – це вдячна пам'ять учнів, колег, друзів, односельчан із села Задубрівці, що на Івано-Франківщині де він похований.

Внесок Кузьми Миколайовича Векірчика у розвиток освіти, науки та громадянського суспільства, величезний досвід як фізіолога рослин і мікробіолога, педагога, журналіста роблять його вагомю постаттю в історії нашого університету, краю і країни.

Список літератури

1. Архів Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, спр.

95-річчя від дня народження Кузьми Миколайовича Векірчика

2328В. 114 арк.

2. Бутницький І. М., Конончук О. Б., Пида С. В. Пам'яті Кузьми Миколайовича Векірчика. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія.* 2009. № 4 (41). С. 176–178.
3. Векірчик Кузьма Миколайович. *Вікіпедія.* URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Векірчик_Кузьма_Миколайович](https://uk.wikipedia.org/wiki/Векірчик_Кузьма_Миколайович) (дата звернення: 10.02.2024).
4. Конончук О. Б., Пида С. В. Кузьма Миколайович Векірчик – відомий вчений-педагог, журналіст, громадський діяч (до 80-річчя від дня народження). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія.* 2009. № 3 (40). С. 109–117.
5. Кузьма Векірчик : бібліографічний покажчик / уклад.: О. Б. Конончук, С. В. Пида; відп. за вип. І. А. Чайка. Тернопіль : ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2010. 115 с.

РОЗДІЛ 1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА БОТАНІКА І ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 633.16 : 579.64

**ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ЯЧМЕНЮ ДВОРЯДНОГО
ЯРОГО ЗА ДІЇ КУЛЬТУР МІКРООРГАНІЗМІВ РОДІВ
STREPTOMYCES, BACILLUS І *TRICHODERMA***

Андріющенко О.В., Страшнова І.В., Штеніков М.

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
Україна

E-mail: andriuschenko2016@gmail.com

Препарати мікробного походження досить успішно застосовують в агропромисловості багатьох країн світу, перш за все, як засоби захисту насіння та рослин від хвороб і шкідників, а також стимулювання росту і розвитку рослин. Відмова від використання хімічних пестицидів і мінеральних добрив на користь впровадження біозасобів комплексної дії (захисної та стимулюючої ріст і урожайність рослин) сприятиме формуванню культури екобезпечного агропромисловництва [1].

Для створення таких мультипотенційних біопрепаратів, які б поєднували функції біопестицидів, біодобрив та біостимуляторів, найбільший інтерес мають види та штами мікроорганізмів, яким притаманні різноманітність метаболічних процесів і екологічна пластичність. До перспективних для агропромисловництва можна віднести мікроорганізми родів *Bacillus*, *Streptomyces*, *Trichoderma*. Мікроорганізми цих родів, окрім антибіотичних речовин, здатні продукувати фізіологічно активні речовини: амінокислоти, вітаміни, ліпіди, жирні кислоти, фітогормони, стероли тощо, що сприяють врожайності рослин [2].

Метою роботи було дослідити вплив мікроорганізмів родів *Streptomyces*, *Bacillus* і *Trichoderma* у монокультурах та в комбінаціях на проростання насіння ячменю дворядного ярого (*Hordeum vulgare* L., 1753) сорту КВС Ірина.

У попередніх дослідженнях по визначенню антагоністичної активності культур мікроорганізмів родів *Streptomyces*, *Bacillus*,

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

Trichoderma, виділених із різних джерел, щодо фітопатогенних грибів роду *Fusarium*, виділених із уражених рослин пшениці та ячменю, відібрано 9 найбільш активних штами, 5 із яких виявилися біосумісними. Серед них: *Streptomyces* spp. Myt7ch і Myt7b, які виділені із мушлей мідій, зібраних в Одеській затоці Чорного моря; *Bacillus* sp. 200 – із донних відкладень Чорного моря; *Trichoderma viride* LBX-174 і *Trichoderma harzianum* LBX-181 – із зразків пшениці і ячменю.

В даному експерименті як тест-об'єкт використано насіння ячменю дворядного ярого (*Hordeum vulgare* L., 1753) сорту КВС Ірина. Досліджували вплив відібраних штамів мікроорганізмів в монокультурах і створених на їх основі комбінаціях на проростання насіння і деякі ростові характеристики проростків ячменю. З урахуванням даних, отриманих при визначенні біосумісності, відібрані штами були поєднані у таких комбінаціях:

1) *Streptomyces* sp. Myt7b + *T. viride* LBX-174 + *Bacillus* sp. 200;

2) *Streptomyces* sp. Myt7ch + *T. harzianum* LBX-181 + *Bacillus* sp. 200;

3) *Streptomyces* sp. Myt7b + *T. harzianum* LBX-181 + *Bacillus* sp. 200;

4) *Streptomyces* sp. Myt7ch + *T. viride* LBX-174 + *Bacillus* sp. 200.

Для проведення експерименту штами *Streptomyces* spp. Myt7ch і Myt7b та *Bacillus* sp. 200 попередньо вирощували на МПА при 28 °С 10 та 2 доби, відповідно, *T. viride* LBX-174 і *T. harzianum* LBX-181 – на щільному середовищі Сауро з глюкозою при 28 °С 4 доби.

В день експерименту вирощені культури змивали стерильною водою в колби та доводили концентрацію клітин у суспензії до титру 1×10^9 КУО/мл. У варіанті комбінацій – суспензії мікроорганізмів у концентраціях 1×10^9 КУО/мл змішували у співвідношенні 1:1:1 і встановлювали кінцеву концентрацію до 1×10^9 КУО/мл. Насіння ячменю стерилізували 30 сек у 25 % розчині H_2O_2 , а потім тричі промивали у стерильній воді.

Підготовленими суспензіями обробляли насіння ячменю з

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

розрахунку 5 мл суспензії на 1 кг насіння, після чого проводили висадку в касети з ґрунтом та культивували в камері для росту рослин ThermoStable GC-1000 при температурі від +18 °С вночі до +25 °С вдень і відносній вологості повітря 50%. Освітлення відповідало часовим показникам квітня місяця та контролювалось автоматично. Контролем було насіння ячменю, оброблене стерильною водою. Кожен варіант експерименту проведено в трьох повторах з 1000 насінинами в кожному варіанті. Результати враховували щодня, починаючи з моменту сходів протягом 25 днів. Фіксували такі параметри як енергію проростання, довжину кореня, довжину надземної частини, загальну куцистість та площу листової поверхні [3].

В результаті проведених експериментів, в залежності від штаму мікроорганізму, спостерігали і позитивний, і негативний вплив суспензій клітин монокультур і комбінацій на проростання насіння ячменю та визначені морфометричні показники проростків. Позитивний вплив на довжину кореня і надземної частини, загальну куцистість та площу листової поверхні спостерігали за обробки насіння суспензіями клітин монокультур усіх штамів, за виключенням *Streptomyces* sp. Myt7ch. Так, наприклад, на 25-й день експерименту за обробки насіння суспензією клітин грибів штаму *T. harzianum* LBX-181 довжина кореня і надземної частини проростків були, відповідно, на 28,2% і 68,8% більшими у порівнянні з контролем, площа листової поверхні – більшою на 18,4%; загальна куцистість достовірно не відрізнялися від показника у контрольному варіанті. Натомість суспензія клітин бактерій штаму *Streptomyces* sp. Myt7ch сприяла проростанню насіння, але пригнічувала розвиток проростків (усі морфометричні показники були меншими у порівнянні з контролем). На наш погляд, це може бути пов'язано із синтезом даним штамом певних екзометаболітів, здатних інгібувати розвиток рослин. Зокрема, попередньо проведена аотація метаболому штаму *Streptomyces* sp. Myt7ch дала змогу виявити серед численних екзометаболітів вільгаміцин, який за даними Babczinski et al. (1991) інгібує синтез ізолейцину і тим самим гальмує клітинний цикл на рівні G1 фази [4].

За обробки насіння суспензіями клітин мікроорганізмів у комбінаціях кращі результати усіх параметрів, які визначалися,

встановлені за комплексної дії *Streptomyces* sp. Myt7b + *T. harzianum* LBX-181 + *Bacillus* sp. 200. При цьому на 25-й день експерименту довжина кореня і наземної частини, а також площа листової поверхні проростків ячменю збільшилися на 60,9%, 29,7% і 22,3%, відповідно. Схожі результати були отримані і за обробки насіння суспензією клітин мікроорганізмів у комбінації *Streptomyces* sp. Myt7b + *T. viride* LBX-174 + *Bacillus* sp. 200. Зауважимо, що ефективність позитивного впливу варіантів поєднання *Streptomyces* sp. Myt7b, *Bacillus* sp. 200, *T. harzianum* LBX-181 і *T. viride* LBX-174 у комбінаціях у динаміці розвитку ячменю краща, ніж за обробки насіння суспензіями клітин монокультур цих штамів.

Таким чином, обробка насіння ячменю 5% суспензіями клітин мікроорганізмів у комбінаціях *Streptomyces* sp. Myt7b + *T. harzianum* LBX-181 + *Bacillus* sp. 200 і *Streptomyces* sp. Myt7b + *T. viride* LBX-174 + *Bacillus* sp. 200 у співвідношеннях 1:1:1 з концентрацією 1×10^9 КУО/мл стимулює проростання насіння і розвиток проростків ячменю. Зазначені комбінації мікроорганізмів будуть використанні у подальшій роботі, зокрема польових дослідженнях, з метою створення поліфункціональних препаратів для агропромисловості.

Список літератури

1. Вожегова Р. Актуальні питання біологізації сучасного аграрного виробництва // Органічне виробництво в умовах зміни клімату : технології і техніка : матеріали міжнародної науково-технічної онлайн-конференції, 04–05 жовтня 2023 р., Глеваха, 2023. С. 11–14.
2. Dutilloy E., Oni F. E., Esmael Q., Clément C., Barka E. A. Plant beneficial bacteria as bioprotectants against wheat and barley diseases // J. Fungi. 2022. Vol. 8. P. 632. <https://doi.org/10.3390/jof8060632>
3. Salerno A., Rivera C. M., Roupheal Y., Colla G., Cardarelli M. Leaf area estimation of radish from simple linear measurements // Adv. Hort. Sci. 2005. Vol. 19. P. 213–215.
4. Babczinski P., Dorgerloh M., Lobberding A., Santel H.-J., Schmidt R. R. Herbicidal activity and mode of action of Vulgamycin // Pestic. Sci. 1991. Vol. 33. P. 439–446.

**ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕНДРОФЛОРИ
СЕЛА ЯКИМІВКА НОВОУКРАЇНСЬКОГО РАЙОНУ
КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Аркушина Г.Ф., Сус Л.В.

Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка

Деревно-чагарникові насадження населених пунктів є постійним об'єктом уваги і досліджень, оскільки вони мають найбільше фітомеліоративне і рекреаційне значення, та створюють оптимальні умови для життя людей [1]. Саме тому, досліджуючи флору населених пунктів Кіровоградщини, особливу увагу приділяємо їй дендрологічній складовій [2].

Так, впродовж вегетаційного сезону 2023 року нами була досліджена дендрофлора села Якимівка Новоукраїнського району Кіровоградської області. При флористичному обстеженні території населеного пункту використовували загальноприйняті методики збирання, гербаризації рослин, камеральної обробки матеріалу та флористичного аналізу. Виявлено 49 видів деревно-чагарникових рослин, які належать до 32 родів 19 родин [3].

Присутність рослинних організмів у навколишньому середовищі пов'язана зі специфікацією реакцій рослин на основні чинники зовнішнього середовища (воду, світло, температурний режим і клімат в цілому). Діяльність людини також входить до числа основних екологічних факторів. За реакцією на певні екологічні чинники різні види флори належать до відповідних екологічних форм. Екоморфа — компонент флори з адаптивними властивостями до відповідних факторів.

При екологічному аналізі дендрофлори с. Якимівка нами виділені екологічні групи рослин за відношенням до основних чинників: режиму зволоження, освітлення, температури та відношення до урбанізаційних процесів.

Виявлено, що серед гігоморф переважають мезофіти (59,1%) та ксеромезофіти (18,3%), що цілком відповідає аридним умовам Кіровоградщини. Мезоксерофіти (16,03%), мезогігрофіти (4,08%) представлені невеликим числом видів.

Серед видів, які мають подібні пристосування до режиму

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

освітлення – геліоморф – в дослідженій дендрофлорі переважають геліофіти (46,9%). Чисельність видів в наступних екологічних групах геліоморф послідовно знижується із зменшенням геліофітності: геліосциофіти складають 28,5 %, сциогеліофіти 20,4 % і сциофіти 4,08%. Така закономірність цілком відповідає умовам освітленості, характерним для населених пунктів степової зони.

Серед рослин, які мають схожі адаптивні ознаки по відношенню до температурного режиму в дендрофлорі с. Якимівки виділено 3 основні термоморфи. Мегатермофіти посідають перше місце (48,9%), їм поступаються мезотермофіти (46,9%) та оліготермофіти (4,08%), займаючи відповідно друге та третє місце. Такий розподіл пояснюється специфікою температурного режиму населених пунктів, зокрема закономірним її підвищенням порівняно з незаселеними територіями.

За відношенням до урбанізаційних процесів виявлено такі урбаноморфи: урбанонейтралі складають основну частину дерев 30,6%, друге місце посідають урбанофіли – 24,4%, наступні евурбанофіли – 22,4%, геміурбанофоби – 8,16%. Урбанофоби та евурбанофоби мають лише 6,14%. Такий розподіл урбаноморф свідчить про закономірно менший вплив урбанізаційних процесів в населених пунктах сільського типу, а також ілюструє значну росли в дослідженій дендрофлорі саме місцевих видів, доволі стійких до антропопресії (наприклад *Betula pendula* Roth., *Quercus robur* L. та деякі інші).

В цілому, екологічний спектр дослідженої дендрофлори відповідає природним умовам Кіровоградщини та свідчить про порівняно невеликий антропогенний вплив. Плануємо подальші дослідження впливу екологічних чинників на дендрофлору даного населеного пункту в динаміці, а також вивчення поширення адвентивних видів.

Список літератури

1. Аркушина Г.Ф., Гулай О.В. Особливості дендрофлори Кіровограда та її значення в оптимізації міського середовища. Науковий вісник НЛТУ України. Львів: РВВ НЛТУ України, 2010. вип..20.14. С. 39-43.
2. Аркушина Г.Ф. Особливості дендрофлори міста

Новомиргорода (Кіровоградська область). Наука в інформаційному просторі: матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. конф. (10-11 жовтня 2013 р.).Том 4, Наукові публікації біолого-медичного напрямку, психології та фізичного розвитку людини. Дніпропетровськ: Біла К.О., 2013. С. 3-5.

3. Аркушина Г.Ф., Сус Л.В. Систематичний огляд дендрофлори села Якимівка Новоукраїнського району Кіровоградської області. Рослини та урбанізація: матеріали ХІІІ Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 1 лютого 2024 р.). Дніпро, 2024.,С.9-10

УДК 631.46:579.64:574.34:574.38

ВПЛИВ БАКТЕРИЗАЦІЇ *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* НА РОЗВИТОК ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ ШТУЧНОЇ ПОСУХИ

Віннікова О.І., Раєвська І.М.

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

Ячмінь – цінна зернова культура, є основним продуктом харчування в багатьох країнах, кормом для тварин, важливою сировиною для пивної промисловості, а за об'ємами виробництва серед зернових культур, займає четверте місце у світі. Глобальна зміна клімату посилила вплив абіотичних стресів на ріст і продуктивність рослин. Посуха є одним із найпоширеніших факторів абіотичного стресу, що перешкоджає росту і розвитку сільськогосподарських культур. На території України щороку все більше спостерігаються екстремальні температури, низький рівень талого снігу, катастрофічно низька кількість опадів. У зв'язку з цим, важливою є адаптація сільського господарства до умов глобальної зміни клімату. Серед рішень даної проблеми, окрім селекції нових сортів, особливої уваги заслуговує вивчення взаємодій рослин та ґрунтових мікроорганізмів. Рослини використовують безліч адаптивних механізмів, щоб впоратися з несприятливими наслідками посухового стресу, включаючи асоціацію з корисними мікроорганізмами, що сприяють росту рослин. [2-4]. Бактерії роду *Azospirillum* є однією з найбільш вивчених бактерій, що стимулюють ріст рослин (PGPB), та

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

представляють загальну модель взаємодії рослин і бактерій [1, 4].

Метою роботи було вивчення впливу бактеризації насіння ячменю на формування посухостійкості у рослин. Досліджували вплив бактеризації (суспензії з числом КУО 10^7) насіння ячменю на проростання і схожість насіння, морфометричні показники рослин, концентрацію фотосинтетичних пігментів у листках та вміст статолітного крохмалю у кореневих чохлах, за умов штучної посухи. В роботі використовували насіння ячменю звичайного (*Hordeum vulgare* L.) сорту «Одісей» та бактерії *Azospirillum brasilense* 77 і *A. brasilense* 410 з колекції Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України. Насіння ячменю вирощували рулонним методом у зволоженому стерильному фільтрувальному папері у факторостатній камері за освітлення 16 годин і температури $23 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 4-х тижнів. Періодично рулони із насінням зволожували стерильною водою, а у варіантах зі створення штучної посухи – стерильним розчином сахарози.

Додатково було визначено адгезивні властивості використаних штамів азоспірил. Оцінку активності екзогенних і прикріплених лектинів проводили шляхом постановки реакції гемаглютинації з суспензією трипсинизованих і відмитих кролячих еритроцитів в імунологічних планшетах. Аналіз отриманих результатів показав, що більшу кількість екзогенних лектинів утворювали бактерії *A. brasilense* 410, але в однаковій мірі бактерії обох штамів утворювали лектини, прикріплені до поверхні клітин. Таким чином, обидва штами азоспірил володіли певним адгезивним потенціалом.

В цілому, за результатами досліджень, не визначалося істотного позитивного впливу бактеризації *A. brasilense* на проростання і схожість насіння ячменю, за винятком варіанту досліду в посушливих умовах – було зафіксовано незначне підвищення схожості насіння. Бактеризація насіння штамми азоспірил істотно не впливала на масу рослин ячменю, але за дії *A. brasilense* 77 відбувалося збільшення довжини надземної частини рослин. Також встановлено відсутність істотного позитивного впливу бактеризації насіння на вміст хлорофілів в листках рослин, за винятком варіанту досліду з використанням

суспензії *A. brasilense* 77. Вміст каротиноїдів в листках дослідних рослин у варіантах з бактеризацією був на рівні контролю, а за дії посухи – нижчим за показники в контролі, що може свідчити про адаптивну реакцію рослинного організму на несприятливі умови розвитку.

Статолітний крохмаль, що знаходиться у кореновому чохлаку, майже не витрачається у процесі життєдіяльності рослинного організму. Проте, за дії підвищеної температури або за умов недостатнього зволоження відбувається його гідроліз. Чим більше крохмалю гідролізувалось, тим менше рослина має стійкість до посухи. Завдяки виявленню кількості статолітного крохмалю, що залишився, можна робити висновки про стійкість сорту до підвищеної температури або посухи. В межах даного дослідження, за впливу посухи, вміст крохмалю у коренях рослин, насіння яких не підлягало бактеризації, зменшувався майже у два рази. Але за бактеризації, вміст статолітного крохмалю збільшувався, причому, як за умови достатнього зволоження, так і за дії посухи – у 1,1-1,3 рази. Таким чином, отримані результати свідчать про позитивний вплив бактерій роду *Azospirillum* на стійкість ячменю даного сорту до посухи. Зауважимо, що, при порівнянні ефектів бактеризації різних штамів азоспірил, більш ефективним виявився *A. brasilense* 77.

Таким чином, бактерії роду *Azospirillum* можуть підвищувати стійкість злакових рослин до умов недостатнього зволоження. Перспективність азоспірил як активного агента бактеріальних добрив обумовлена їх властивостями а саме, здатністю колонізувати поверхню коренів рослин, зокрема, завдяки лектиноутворенню. Окрім того, *Azospirillum* відрізняються різнобічним пристосувальним метаболізмом вуглецю та азоту, що сприяє їх адаптації до умов зовнішнього середовища і обумовлюють цінність під час створення біопрепаратів.

Список літератури

1. Cassan F., Coniglio A., Lopez G., Molina R., Nieves S. et al. Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*. 2020. Vol. 56. P. 461–479. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01463-y>

2. Chen Z., Guo Z., Zhou L., Xu H., Liu C. et al. Advances in identifying the mechanisms by which microorganisms improve barley salt tolerance. *Life*. 2024. Vol. 14, No 1:6. DOI: <https://doi.org/10.3390/life14010006>
3. Nieves S., Coniglio A., Takahashi W. Y., Lopez G. A., Larama G. et al. Unraveling *Azospirillum*'s colonization ability through microbiological and molecular evidence. *Journal of Applied Microbiology*. 2023. Vol. 134, No 4. lxad071. DOI: <https://doi.org/10.1093/jambio/lxad071>
4. Volkogon V., Moskalenko A., Dimova S., Volkogon K., Potapienko L. The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* strain 410 on spring barley cv. nosivsky development and yield. *Agricultural Science and Practice*. 2022. Vol. 9, No 3. P. 64–75. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp9.03.064>

УДК 581.9:582.099: 582.54

**ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАСТРУКТУРИ ЛИСТКІВ
МІСКАНТУСА ГІГАНТСЬКОГО (*MISCANTHUS
GIGANTEUS* J.M. GREEF & DEUTER EX HODKINSON AND
RENVOIZE)**

Герц Н.В., Хоміцька А. Б

Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

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

Ультраструктура поверхні листків є ключовим аспектом, що впливає на фізіологічні процеси рослини, зокрема, на її продиговий апарат. Міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*) визнаний як потенційне джерело біомаси для виробництва енергії, тому дослідження його ультраструктури є актуальним завданням. Його високий рівень врожайності та здатність адаптуватися до різних кліматичних умов робить його привабливим об'єктом дослідження. Дослідження цієї теми відкриває шлях для кращого розуміння адаптивних механізмів рослини та оптимізації її використання у сільському господарстві та енергетиці [1].

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

Метою дослідження є вивчення ультраструктури листків *M. giganteus* з метою виявлення адаптивних стратегій цієї рослини до різних умов середовища та її потенціалу для промислового використання.

Основною ідеєю дослідження є те, що ультраструктура листків міскантуса гігантського відображає його адаптивні можливості та ефективність використання ресурсів. Ми підтверджуємо це, вивчаючи його морфологічні особливості та структурні адаптації.

Ультраструктура листків *M. giganteus* є складною та добре адаптованою до різноманітних умов середовища. Ці адаптації можна спостерігати на рівні клітинної та тканинної організації.

По-перше, важливою особливістю є висока щільність продихів. Продихи є мікроскопічними утворами для збереження води в рослині шляхом зменшення випаровування та контролю водного балансу. Крім того, наявність воскових покривів на поверхні листків є ще однією адаптивною особливістю, яка запобігає втраті вологи шляхом випаровування. Це сприяє ефективному утриманню вологи всередині тканин, що особливо важливо в умовах посушливості або низької вологості повітря [2, 4].

З іншого боку, структурні адаптації листків міскантуса гігантського допомагають забезпечити ефективність у фотосинтезі. Розвинута система паренхіми внутрішніх тканин швидко розподіляє органічні сполуки, які утворюються під час фотосинтезу, забезпечуючи їх доставку до інших частин рослини для використання або накопичення. Також, наявність великої кількості хлоропластів у клітинах листків є важливим фактором, який підвищує продуктивність поглинання та засвоєння світлової енергії.

У цілому, ультраструктура листків *M. giganteus* відображає його складні адаптації до різноманітних умов середовища та забезпечує оптимальні умови для життєдіяльності та росту рослини [3, 5].

Дослідження дозволяє зрозуміти адаптаційні стратегії *M. giganteus* у контексті його продихового апарату та ксероморфності. Це може мати важливе значення для подальшого використання рослини у вирощуванні для біомаси та

біоенергетики, а також у вивченні її екологічної ролі в біотопах, де вона поширена. Результати дослідження можуть бути використані для розробки нових сортів рослин, які будуть більш адаптованими до умов засухи та мають великий потенціал для використання у сільському господарстві та енергетиці.

Список літератури

1. Paukova Z., Jurekova Z. Stomatal density in *Miscanthus* leaves. *Acta Horticulturae et Regiotecturae* 2, 2015
2. Білявська Н. О., Федюк О. М. Мікроструктура поверхні листків *Galanthus nivalis* L. на ранньовесняних етапах розвитку. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія : Біологія. Вип. 2, 2018. С. 50-58.
3. Бойко Л. І. Морфолого-анатомічна характеристика листків рослин різних вікових станів *Murraya Exotica* L. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»* №2 (5), 2017
4. Корнієвська В. Г. [та ін.] Анатомія вегетативних органів (Морфологічна та анатомічна будова пагона, стебел, кореневищ, листків). Змістовий субмодуль 3 : посібник для самостійної підготовки до змістового субмодулю 3 та ліцензійного іспиту «Крок-1. Фармація» з фармацевтичної ботаніки студентів 2 курсу денної та заочної форми навчання спеціальності «Фармація» та «Технологія парфумерно-косметичних засобів». Запоріжжя : ЗДМУ, 2015. 97 с.
5. Кругляк Ю. Морфометричні характеристики проростків рослин роду *Philadelphus* L. у зв'язку з їх посухостійкістю. *Біологічні системи*. Т. 10. Вип. 2., 2018

УДК 631.417.1:631.433.3

**ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОЇ ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ
ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА
ДЕПОНУВАННЯ ОРГАНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ В
МОНОДОМІНАНТНИХ УГРУПОВАННЯХ *ELYTRIGIA
INTERMEDIA* ТА *ARRHENATHERUM ELATIUS***

Дідик Н.П., Заїменко Н.В., Чудовська О.П., Харитонova І.П.

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка Національної академії наук України

E-mail: nataliya_didyk@ukr.net

Важливою біосферною функцією рослинності є зв'язування вуглекислого газу атмосфери та депонування його в компонентах фітомаси. Лучні біогеоценози мають великі запаси ґрунтового С відносно до їх площі, і в залежності від їх стану, можуть бути як потужними джерелами, так і поглиначами вуглекислого газу (Reed et al., 2022; Bowman et al., 2024). Дослідження гірських луків Сьєрри Невади, показало, що неушкоджені антропогенним впливом природні фітоценози здатні депонувати понад 0,57 кг вуглецю або 2,13 кг CO₂ еквіваленту на м² на рік, що перевищує показники для тропічних вічнозелених лісів і тропічних торфовищ (Reed et al., 2022). У той час як деградовані гірські луки були джерелом С в атмосферу, викидаючи понад 0,39 кг С або 1,45 кг CO₂ еквіваленту на м² на рік (Reed et al., 2022). Відновлення природної лучно-степової рослинності є актуальним, з точки зору обмеження зростання концентрації парникових газів в атмосфері та, пов'язаних з цим, кліматичних змін (Reed et al., 2022; Bowman et al., 2024).

На сьогодні в Україні існує великий резерв по підвищенню утилізації CO₂ за рахунок відновлення природної лучно-степової рослинності на покинутих полях, пасовищах, забруднених, деградованих та еродованих землях. На відміну від лісових екосистем, природна та напівприродна лучно-степова рослинність України є практично не дослідженою в плані секвестрації парникових газів.

Об'єктом наших досліджень були монодомінантні (частка домінанта >70% проективного покриття) угруповання лучно-степових гемікриптофітів пирію середнього (*Elytrigia intermedia*

(Host) Nevsk) та райграсу високого (*Arrhenatherum elatius* (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl), які зростають на ботаніко-географічній ділянці «Степи України» Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України за умов помірного антропогенного навантаження (рекреаційне, одноразове косіння восени). Окрім вище окреслених злаків, в досліджених угрупованнях траплялись незначні домішки *Poa angustifolia* L., *Astragalus dasyanthus* Pall., *Achillea millefolium* L., *Vicia cracca* L., та ін. *E.intermedia* та *A. elatius* є широко поширеними домінантами лучно-степових угруповань помірного поясу обох півкуль. Характерною особливістю цих рослин є швидкий ріст та накопичення біомаси надземними пагонами, активне розповсюдження та захоплення нових територій за допомогою кореневищ. Завдяки високій конкурентній здатності *E.intermedia* та *A. elatius* утворюють щільні монодомінантні зарості з низькою представленістю інших видів рослин. Надземні пагони вегетують 1,5-2 місяці, після чого відмирають, утворюючи товстий шар підстилки, що затримує дощову воду, покращуючи умови водного живлення рослин, а з іншого боку не пропускає дощову вологу глибоко під землю, уповільнюючи мінералізаційні процеси.

Метою нашого дослідження було порівняти сезонні динаміки показників фотосинтетичної продуктивності (листяний, хлорофільний індекси, фотосинтетичний потенціал, кількість хлоропластів на клітину) та депонування органічного вуглецю (структури органічної речовини біомаси та фітодетриту, вміст органічного та мінерального вуглецю у ґрунті) в монодомінантних угрупованнях *E.intermedia* та *A.elatius*.

Відбір зразків рослинного матеріалу та ґрунту проводили за допомогою шаблону 30x30 см (n = 5) з травня по листопад 2021-22 рр., раз на місяць на ботаніко-географічній ділянці «Степи України». Викопували моноліти ґрунту з рослинами (30x30x20 см³), які розбирали по фракціях (підстилка, рослини, ґрунт). Рослини сортували по видах, а ґрунт просіювали через сито (розмір отворів 2 мм). Органічна маса діаметром менше 2 мм характеризувала Н горизонт ґрунту (шар гуміфікації). Кожна фракція висушувалась до повітряно-сухого стану та зважувалась. Запаси органічної речовини в блоці “ґрунт” вивчали за

фракціями: легкомінералізуюча органічна речовина (підстилка, сухостій, кореневий детрит) і стабільний гумус. Вміст органічного С % визначали на початку (травень) та в кінці (листопад) вегетаційного сезону.

Порівняльний аналіз сезонної динаміки показників фотосинтетичної продуктивності та депонування вуглекислого газу дослідженими угрупованнями *Elytrigia intermedia* та *Arrhenatherum elatius* виявив суттєвий вплив як фенологічної фази розвитку так і метеорологічних умов. Зростання температури, частоти та тривалості посух влітку негативно впливало на фотосинтетичний потенціал монодомінантних угруповань обох злаків. Проте *A. elatius* проявляв в цьому плані значно більшу стійкість, ніж *E.intermedia*.

За оптимальних погодних умов характер сезонної динаміки вмісту фотосинтетичних пігментів в листках та накопичення біомаси в монодомінантних угрупованнях досліджених злаків мав параболічний характер з максимумом у червні (фаза колосіння). Максимального розвитку листової поверхні досягала у *A. elatius* в травні (фаза активного відростання вегетативної маси), тоді як у *E.intermedia* – у червні (фаза колосіння). Сезонна динаміка кількості хлоропластів на клітину мезофілу листків *E.intermedia* та *A.elatius* характеризувалася двома максимумами в червні та вересні, що корелювало з сезонною динамікою відростання надземних пагонів.

Запаси загальної живої фітомаси в монодомінантних угрупованнях *A.elatius* були приблизно вдвічі більшими ніж в травостоях *E.intermedia*. В залежності від фази вегетації від 45 до 97% живої фітомаси у досліджених злаків сконцентрована під землею (кореневища з коренями). При цьому у *A.elatius* частка фітомаси сконцентрованої під землею в середньому на 20% більша ніж у *E.intermedia*. Очевидно цим можна пояснити більшу стійкість цього злаку до екстремальних метеорологічних умов.

Приріст органічного вуглецю гумусу в монодомінантних угрупованнях *E.intermedia* за вегетаційний сезон (з травня по листопад) складав 12% та 17% для шарів ґрунту 0-10 см та 10-20 см, відповідно. В монодомінантних угрупованнях *A.elatius* відповідні показники були більшими, і склали 26% та 18%, відповідно. Вміст мінерального вуглецю (HCO_3^-) зростав лише в

приповерхневому шарі ґрунту (0-10 см) досліджених угруповань на 50% в угрупованнях *E.intermedia* та на 100% – в угрупованнях *A.elatius*. Таким чином, обидва типи рослинних угруповань, які зростають на ботаніко-географічній ділянці «Степи України» функціонують як «стік» атмосферного CO₂.

Список літератури:

1. Bowman A., Taylor M.H., Reed C., Morra B., Sullivan B.W. (2024) Assessing the financial viability of meadow restoration-based carbon projects in the Sierra Nevada and Great Basin, USA, *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2024.2306956
2. Reed, Cody C., Asmeret A. Berhe, Kimber C. Moreland, Jim Wilcox, and Benjamin W.
3. Sullivan. 2022. “Restoring Function: Positive Responses of Carbon and Nitrogen to
4. 20 Years of Hydrologic Restoration in Montane Meadows.” *Ecological Applications* 32 (7): 1–17. doi:10.1002/eap.2677.

УДК 581.1

ВПЛИВ ПОСУХИ У КРИТИЧНУ ФАЗУ ОНТОГЕНЕЗУ ПШЕНИЦІ НА РІСТ І ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН

Жук О.І.

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
E-mail:zhukollga@gmail.com

М'яка пшениця (*Triticum aestivum* L.) займає до 90% площ під усією пшеницею у посівах усього світу [1]. Пшениця забезпечує 55% вуглеводів і 20% калорій у харчуванні людства, а в Україні її відсоток у продовольчих продуктах значно вищий. Урожайність пшениці у світі зростає приблизно на 0,9% на рік, однак потенціал продуктивності її сортів реалізується лише частково. До головних чинників, які зменшують врожайність пшениці у посівах відносять посуху. Аридизація клімату призвела до частих та тривалих умов посухи у всіх регіонах культивування пшениці, тому дослідження посухостійкості генотипів пшениці залишається актуальною проблемою біологічної науки. Одною з найбільш чутливих до посухи фаз

онтогенезу у озимої м'якої пшениці є колосіння-цвітіння, під час якого завершується ріст пагона, колоса, листків, відбувається запилення та запліднення [2]. У цей період онтогенезу визначається зернова продуктивність рослин, яка є головною складовою врожаю пшениці. Виявлено зв'язок між продуктивністю окремих рослин пшениці, інтенсивністю їх росту та комплексом генів, який названо "intrinsic yield genes". До генетично обумовлених ознак відносять скручування листків у пшениці в умовах дефіциту води у ґрунті, яке дозволяє зменшити втрати води рослинами шляхом продигової транспірації, залишити частково відкритими продихи нижньої частини листків, забезпечити надходження вуглекислоти до клітин мезофілу, підтримувати фотосинтез на мінімальному рівні і регулюється двома домінантними генами R_{11} R_{12} , що локалізовані у хромосомах 6A та 4D. Встановлено, що дія посухи здатна спричиняти епігенетичні зміни у хроматині, гістонах і ДНК, які призводять до адаптивних змін у метаболізмі рослин під час вегетаційного періоду [3].

Нашими попередніми дослідженнями виявлено, що умови ґрунтової посухи у фазу колосіння-цвітіння рослин озимої пшениці негативно вплинули на реалізацію їх продуктивного потенціалу. Частина сортів лісо-степового еко типу зменшувала продуктивність за рахунок озерненості колоса. Сорти степового еко типу відрізнялись вищою витривалістю до умов посухи порівняно з сортами лісо-степового еко типу [4,5]. Метою даної роботи було вивчення зв'язку ростових процесів у рослин пшениці нових сортів з їх продуктивністю в умовах дефіциту води у ґрунті у критичну фазу онтогенезу колосіння-цвітіння.

Об'єктами досліджень були сорти пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) озимої Чигиринка і Джамала, які вирощували в умовах вегетаційних дослідів у 2023 році. Мінеральне живлення становило $N_{160} P_{160} K_{160}$ за діючою речовиною. Відносну вологість ґрунту у контрольних варіантах підтримували на рівні 70% від повної вологоємності (ПВ). У дослідних варіантах у фазі колосіння-цвітіння зменшували вологість ґрунту до 30% ПВ, яку витримували протягом 8 діб, після чого рослини повертали у режим оптимального забезпечення водою. Повторність дослідів п'ятиразова. Протягом дослідів визначали площу листкової

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

поверхні, довжину міжвузлів, розміри колоса, пагонів. Після дозрівання рослин проводили аналіз структури врожаю. Результати оброблені статистично за допомогою програми ANOVA.

Встановлено, що дефіцит води у ґрунті у фазу колосіння-цвітіння затримував ріст пагонів у довжину у пшениці сортів Чигиринка і Джамала. У сорту Чигиринка ріст головного пагона припинявся на початку дії посухи і не відновлювався після її припинення, водночас у пшениці сорту Джамала ріст головного пагона уповільнювався, але не припинявся в умовах дефіциту води, і остаточно його зупинка відбувалась після завершення дії посухи у фазі формування зернівки. Кінцеві розміри головного пагона у дослідних рослин залишились меншими на 10-15% порівняно з такими у рослин контрольного варіанту. Бічні пагони пшениці сортів Чигиринка і Джамала відставали у рості порівняно з головним пагоном в умовах оптимального зволоження ґрунту і, особливо, за дії посухи. Відновлення поливу прискорювало ріст бічних пагонів дослідних рослин, однак їх кінцеві розміри залишились меншими порівняно з контрольними рослинами на 15-20%. У пшениці сортів Чигиринка і Джамала у фазі колосіння-цвітіння ріст пагона відбувався за рахунок видовження підколосового міжвузля, розміри якого і впливали на довжину пагонів. Умови посухи припиняли наростання площі листової поверхні у обох сортів. Оптимізація водозабезпечення у фазі формування зерна не призводила до відновлення росту листків. Підчас дозрівання пшениці відмирання листків у рослин, які знаходились в умовах посухи, відбувалось швидше порівняно з такими ж за умов постійного оптимального зволоження. Дія посухи спричиняла гальмування росту колоса. Після повернення рослин до умов оптимального зволоження ріст колоса відновлювався, однак максимальна маса колоса, яку виявлено у фазу молочної стиглості зерна, була на 10-15 % меншою у дослідних рослин порівняно з рослинами контролю.

Аналіз структури врожаю виявив, що умови посухи практично не вплинули на продуктивну кущистість рослин, яка становили у сорту Чигиринка в контролі 2,3 пагони на рослину, у досліді- 2,1, у сорту Джамала –відповідно 2,1 і 2,0. Рослини контролю пшениці сорту Чигиринка сформували в середньому по

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

77 зернівок на рослину, сорту Джамала -72, рослини дослідних варіантів сорту Чигиринка по 46 зернівок, сорту Джамала -57. Маса зерна на рослину у контрольних рослин сорту Чигиринка становила 2,2 г, сорту Джамала -1,4 г, маса зерна дослідних рослин у цих сортів складала відповідно – 1,3 г і 1,1 г. Маса 1000 зернівок у контрольних рослин сорту Чигиринка становила 47,5 г, дослідних -44,9 г, у сорту Джамала відповідно - 40,1 та 36,2 г.

Таким чином, погіршення водозабезпечення рослин пшениці озимої сортів інтенсивного типу Чигиринка і Джамала у фазу колосіння-цвітіння спричинило пригнічення ростових процесів у пагонах, зменшення площі листової поверхні, довжини верхніх міжвузлів, які є важливим джерелом фотоасимілятів для формування та наливу зерна. За зерновою продуктивністю рослин сорт Джамала був більш витривалим, однак за масою 1000 зерен - сорт Чигиринка, який компенсував втрату кількості зернівок за рахунок їх маси. Отже, висока чутливість сортів озимої пшениці до забезпечення водою у фазу колосіння-цвітіння здатна спричинити втрати врожаю за рахунок зменшення зернової продуктивності окремих рослин та маси зернівок.

Список літератури

1. Raveena B.R., Bharty R., Chaundhary N. Drought resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). A review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019. Vol.8 (9). P.1780-1792. doi: 10.20546/ijcmas.2019.809.206
2. Mwadzingeni L., Shimelis H., Dube E., Laing D.M., Toi T. Breeding wheat for drought tolerance: progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture.* 2016. Vol.15 (5). P.935-943. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61102-9
3. Fabregas N., Fernie A.R. The metabolic response to drought *J Exp Bot.* 2019. Vol.70 (4). P.1077-1085. doi: 10.1093/jxb/ery437
4. Zhuk O.I., Stasik O.O. Growth and productivity of wheat plants under drought in the critical phase ontogenesis. *Factors in experimental evolution of organisms.* 2021. Vol. 29. P.35-40. doi: 10.7124/FEEO.v29.1403 [In Ukrainian]
5. Zhuk O.I., Stasik O.O. Winter wheat productivity formation under water deficit in soil. *Factors in experimental evolution of organisms.* 2022. Vol.31. P.49-54. doi:10.7124/FEEO.v.31.1483.

**АСПЕКТИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ
ДЕРЕВНИХ ВИДІВ РОСЛИН ЯК ЕЛЕМЕНТІВ
ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТ**

Зелінська А.В., Нестерова Н.Г.

Національний університет біоресурсів та природокористування
України

E-mail: alinka.zelinska@gmail.com

Посухостійкість – це здатність культурних рослин підтримувати свій ріст і розвиток в умовах дефіциту вологи. Стійкість рослин до посухи, стійкість рослин до дефіциту води — здатність рослин виживати в середовищі, що не забезпечує організм достатньою кількістю води. Механізми, що забезпечують виживання, можуть бути морфологічними, фізіологічними та біохімічними. Деякі з імунних механізмів є адаптивними, успадкованими, а деякі є акліматизаційними, ознаками, які з'являються під час стресу і не передаються наступним поколінням [1].

Глобальне потепління – серйозна проблема, яка негативно впливає на екосистеми планети. Посуха може бути атмосферною посухою, тобто низькою відносною вологістю повітря, ґрунтовою посухою, тобто низьким вмістом води в ґрунті, або фізіологічною посухою, пов'язаною із засоленням ґрунту або замерзанням води в ґрунті [2].

При інтродукції деревних рослин важливо враховувати їх стійкість до посушливих умов. Посухостійкі рослини мають більше шансів вижити в посушливих умовах. Перенесення водного дефіциту передбачає синтез проліну, бетаїну, дегідрину та осмотину. Кожна рослина має еволюційно сформовані та генетично закріплені морфо-анатомічні та фізіолого-біохімічні особливості. Ці особливості визначають адаптаційний потенціал рослини, тобто її здатність пристосовуватися до мінливих умов середовища. Підтримка стабільного водного балансу є ключовим фактором для адаптації рослин до посушливих умов. Тимчасова нестача води дуже негативно впливає на рослини, обмежує фотосинтез і засвоєння поживних речовин, що призводить до зниження кількості та якості врожаю.

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

Наслідки посухи можуть проявлятися з різною інтенсивністю залежно від виду рослин, типу ґрунту чи географічного регіону. Реалізовується життєздатність через окремі параметри адаптивних ознак і властивостей, зв'язків, що забезпечують притаманну здатність популяції організмів підтримувати рівень системної організації, необхідний для збереження базових її функцій: відновлення, розселення та еволюції.

Життєвість - це комплексна характеристика, що інтегрує якісні та кількісні параметри розвитку й росту особини, відображаючи її загальний стан. Цей показник дає уявлення про біологічний потенціал особини, її стійкість до несприятливих факторів середовища, а також про загальний стан популяції. Якісні параметри життєвості рослини характеризують ступінь розвитку вегетативних і репродуктивних органів, фізіологічний стан особини та її фенологічні особливості. Адаптивність - це властивість живих організмів пристосовуватися до змінних умов середовища.

Оцінка рівня життєвості популяцій є важливим завданням екології та популяційної біології. Розуміння механізмів адаптації та факторів, що впливають на адаптивну здатність, дає нам можливість краще розуміти життя рослин та їхню роль в екосистемах.

Використання посухостійких рослин може допомогти зберегти біорізноманіття та екосистеми, які залежать від аборигенних рослин. Це також може допомогти зменшити негативні наслідки зміни клімату на міста та навколишнє середовище.

При виборі рослин для озеленення важливо враховувати кліматичні умови, тип ґрунту, освітлення та інші фактори. Існує широкий спектр посухостійких рослин, включаючи дерева, чагарники, квіти та трави. Деякі популярні посухостійкі рослини: лаванда, ехінацея, очиток, юкка, барбарис, ялівець [3].

Міське середовище має ряд особливостей, які значно впливають на хід життєвих процесів зелених насаджень. Міське середовище має ряд особливостей, які значно впливають на хід життєвих процесів зелених насаджень. На відміну від неживих активів, дерева мають життєвий ресурс і період, протягом якого

вони володіють найвищими якісними показниками впливу на довкілля.

Отже, зелені насадження – це не лише естетичний елемент міського середовища, а й важливий фактор, що впливає на здоров'я людей та стан довкілля. Охорона та розвиток зелених насаджень – це загальнодержавне завдання, яке потребує уваги та відповідальності з боку влади, громадськості та кожної людини.

Список літератури

1. Козловська Моніка: Фізіологія рослин. Від теорії до прикладної науки . Познань: Національне сільськогосподарське та лісове видавництво, 2007, стор. 482-485. ISBN 978-83-09-01023-4
2. Zurzycki Jan, Michniewicz Marian: Plant physiology . Варшава: Національне сільськогосподарське та лісове видавництво, 1985, стор. 673-678. ISBN 83-09-00661-6 .
3. Kalinichenko, O. A. (2003). Dekoratyvna dendrolohiiia. [Decorative dendrology]. Kyiv: Vyshcha Shkola. 199 p. [in Ukrainian]. Matskov, F. P. (1963).

УДК 633.2:631.615

**АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОГРАФІЧНОГО
ПОХОДЖЕННЯ РОСЛИН РОДИНИ *GRAMINEAE***

Калька Н.Т., Нестерова Н. Г.

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mail: varanbiologist@gmail.com

Визначення географічного походження сільськогосподарської продукції має велике значення в умовах глобалізації, адже поширення товарів зараз майже немає територіальних обмежень. Отже, постає питання, як мінімізувати ризики фальсифікації, адже різниця у місці вирощення певної культури має значний вплив на її якісні характеристики, які у свою чергу впливають на ціноутворення. Окрім того, починаючи з моменту повномасштабного вторгнення багато вітчизняної продукції було нелегально вивезено за кордон, тому розробка

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

якісних інструментів для детермінації географічного походження є як ніколи актуальною.

Станом на сьогодні розроблено багато методів, які дозволяють відслідкувати походження продукції. До найпопулярніших можна зарахувати: ICP-MS (Inductively coupled plasma-mass spectrometry) – мас-спектрометрія з індуктивно зв'язаною плазмою, GC-MS (Gas chromatography–mass spectrometry) – газова хромато-мас-спектрометрія, сенсорні технології (як «electronic» nose technology), NIR (near-infrared) – спектрометрія ближньої середньої області, HPLC (high-performance liquid chromatography) – високоефективна рідинна хроматографія та ін [1].

Злакові (лат. *Gramineae*) – родина однодольних рослин, яка налічує близько 12 000 видів та має велике економічне значення. До злакових належать такі культури як: пшениця, овес, рис, ячмінь, просо, кукурудза, бамбук. Враховуючи, що дані рослини та вироби з їх використанням займають великий відсоток глобальних продовольчих запасів, вже представленні наукові публікації стосовно даного питання.

Наприклад, у статті 2017 року проаналізували зразки пшениці десяти генотипів 2010-2011, 2011-2012 та 2012-2013 років з трьох різних регіонів. Сумарно було зібрано 270 зразків та проведено аналіз елементного складу (Mg, Al, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Ba, Pb).

Було використано багатофакторний дисперсійний аналіз для визначення впливу генотипу, регіону, року збору врожаю та їх взаємодії.

Результати дослідження були наступні: варіативність Mn (34,2%), Sr (39,6%), Mo (35%), Cd (78%) найбільш тісно пов'язаний з регіоном; Ba (27,3%) – з генотипом; інші елементи – рік збору врожаю. Для створення дискримінантної моделі з найбільш точним рівнем класифікації (98.5%) було враховано також вміст Mn, Sr, Mo і Cd [2].

У статті 2020 року, основну увагу було спрямовано на рис. Ця культура, як і ряд інших важливих для сільського господарства представників *Gramineae*, має широкий діапазон цін: від низьких до преміум-сегменту. Впливаючи з цього, було проведено дослідження, де описано дворівневий режим

короткотривалого скринінгу із застосуванням технології NIR (Near Infrared technology) у комбінації з мас-спектрометричним аналізом відібраних зразків.

Загалом, різні сучасні методики використовуються для виконання різного спектру завдань (наприклад, молекулярний склад визначається за допомогою спектрометричних методів, а леткі сполуки - газової хромато-мас-спектрометрія). Але ці методи потребують спеціального обладнання для виконання, висококваліфікованих людей, часу та коштів. Тому, у рамках проекту «“Fingerprinting Rice Project: Implementing a System to Monitor and Manage Food Fraud”» було представлено дворівневу систему, яка має на меті швидке визначення походження рису та запобігання шахрайству.

Перший рівень – базується на скринінгу, який передбачає використання приладу SCiO – портативного NIR сканеру. Для аналізу взяли цілі зерна шліфованого білого рису (без попередньої підготовки), зразки було поміщено в чашку Петрі та проскановано крізь скло.

Другий рівень – лабораторний аналіз, який має підтвердити отримані раніше дані. Це може бути метод GC-MS, ICP-MS або інший метод залежно від поставленої проблеми. Наприклад, для проведення ICP-MS зерно рису має бути попередньо підготовлене (розщеплене азотної кислотою). [3]

Другий рівень має на меті більш профільне та детальне вивчення елементного складу досліджуваного зразка

Підсумовуючи подану вище інформацію, можна зазначити, що оскільки проблема фальсифікації продуктів є на часі, то все актуальнішою є розробка більшої кількості методів, за допомогою яких можна визначити автентичність того чи іншого продукту. Станом на сьогодні вже існує багато способів, але для того, щоб зробити їх швидшими та більш доступними, найкращим варіантом є комбінація 2 та більше вже відомих методів (як показано у статті 2021 року), що, окрім того, може підвищити їх точність.

Список літератури

1. Geographical Origin Authentication of Agri-Food Products: A Review / Katerina Katerinopoulou, Achilleas Kontogeorgos, Constantinos, E. Salmas, Angelos Patakas. Foods 2020, URL:

<https://doi.org/10.3390/foods9040489>

2. The effectiveness of multi-element fingerprints for identifying the geographical origin of wheat / Hongyan Liu, Yimin Wei, Yingquan Zhang, Shuai Wei, Senshen Zhang, Boli Guo international journal of Food Science and Technology. URL: 2017 <https://doi.org/10.1111/ijfs.13366>
3. Food Fingerprinting: using a two-tiered approach to monitor and mitigate food fraud in rice / T. F. McGrath et al. Journal of AOAC INTERNATIONAL. 2020. URL: <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsaa109>

УДК [581.132+581.5] : 582.998.1

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ
ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ ВІД ЗМІНИ КЛІМАТУ
ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L.**

Колісник Х.М.¹, Грицак Л.Р.¹, Задорожна К.А.², Дробик Н.М.¹.

¹Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

²Тернопільська спеціалізована школа I-III ступенів №3
з поглибленим вивченням іноземних мов

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

Рідкісні види рослин є індикаторами стану довкілля, оскільки вони мають низьку екологічну стійкість до коливань діапазону впливу абіотичних факторів та є більш чутливими до кліматичних змін [5]. Найшвидше реагує на мінливість чинників довкілля фотосинтетичний апарат (ФСА) [2]. Вміст та співвідношення фотосинтетичних пігментів є маркерною ознакою, яка дозволяє оцінити вплив теплових хвиль на рослини, а також адаптивний потенціал виді [3]. Виходячи із вище зазначеного, метою роботи було визначення концентрації та взаємозв'язку пігментів різних вікових груп рослин *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawt., *Carlina cirsioides* Klokov, а також залежності вмісту пігментів та їх співвідношень від метеорологічних параметрів у рослин *in situ*.

Матеріал для досліджень було відібрано співробітниками лабораторії екології та біотехнології ТНПУ імені Володимира Гнатюка у с. Гутисько, Бережанського району, Тернопільської

області, на г. Голиця. Для визначення залежності вмісту фотосинтетичних пігментів від зміни кліматичних чинників використано метеорологічні дані центру з гідрометеорології Державної служби з надзвичайних ситуацій за травень-серпень 2017–2018 рр., 2021 р., 2023 р. Визначення вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках проводили за методикою Б.Х. Межунца [1]. Для вивчення взаємозв'язків між вмістом пігментів у рослинах *in situ* та метеочинниками проводили кореляційний аналіз з обчисленням коефіцієнта кореляції Пірсона. Статистичний аналіз отриманих даних проводили за допомогою програмного забезпечення Prism 6.

Концентрація фотосинтетичних пігментів у листках рослин є одним із показників, за яким оцінюють стан ФСА. Вміст хлорофілів у листках залежить від етапів життєвого циклу, умов росту (світловий, температурний і водний режими) [4]. Аналіз результатів досліджень показав, що вміст фотосинтетичних пігментів у особинах *C. cirsioides*, порівняно із *C. onopordifolia*, є нижчим на 24–39 %. Окрім того, найвищий загальний вміст пігментів властивий особинам генеративної групи. Вміст каротиноїдів у рослинах усіх вікових груп *C. cirsioides* в 1,1–2,4 рази менший, порівняно із *C. onopordifolia*, який належить до світлолюбивих видів.

Встановлено, що вміст пігментів у рослинах динамічно реагує на зміну умов середовища. У 2018 році у рослин обох видів усіх вікових груп, за винятком генеративних особин *C. cirsioides*, у 1,2–3,7 рази збільшився вміст хлорофілу *b*. Це позначилося й на співвідношенні хлорофілу *a* до хлорофілу *b*, а також хлорофілів до каротиноїдів. Абіотичні умови росту 2021 р. також призвели до функціональних змін вмісту та співвідношення пігментів. На фоні зниження вмісту хлорофілу *b* у рослинах усіх вікових груп виду *C. onopordifolia* відбулося збільшення вмісту каротиноїдів майже у 1,5–2 рази, порівняно із рослинами інших років дослідження. Це вказує на перебування рослин у доволі стресових умовах, оскільки вміст каротиноїдів знаходиться у прямій кореляційній залежності від гормону стресу – абсцизової кислоти. У тіншовитривалого виду *C. cirsioides* також відбулися функціональні зміни у складі пігментів, особливо в особин прегенеративної групи. Усе це опосередковано

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

вказує на зростання інтенсивності сонячної інсоляції у 2021 р., порівняно із іншими роками.

Для кращого розуміння взаємозалежності вмісту пігментів у ФСА досліджуваних видів було застосовано кореляційний аналіз, який відображає як взаємозалежність вмісту пігментів у ФСА, так і силу та характер кореляційного зв'язку кожної групи пігментів із певними метеочинниками. Результати аналізу кореляційних матриць у 2018 р., у якому було виявлено вищий вміст хлорофілу *b* показав, що у рослин *C. onopordifolia* є слабка зворотна залежність вмісту хлорофілів *a* ($r = -0,45$, $p < 0,001$) і *b* ($r = -0,38$, $p < 0,001$) від температури повітря. У рослин виду *C. cirsioides* спостерігали значну зворотну залежність між вмістом хлорофілу *b* у листках цього виду та показниками співвідношення Chl *a*/ Chl *b* від температури повітря, та, навпаки, позитивну залежність від кількості опадів упродовж дня ($r = 0,54$, $p < 0,001$).

Аналіз кореляційних матриць за 2021 р. показав, що між кількістю опадів у денний період доби і вмістом усіх пігментів та їх співвідношень існує високий зворотний зв'язок ($r = -0,80$, $p < 0,001$). На вміст хлорофілів *a* і *b*, а також їх співвідношення впливає й кількість опадів упродовж доби, а показник Chl *a*/ Chl *b* знаходиться у зворотному значному зв'язку й від сумарної кількості опадів упродовж ночі. На відміну від рослин *C. cirsioides*, кореляційна залежність між вмістом фотосинтетичних пігментів рослин виду *C. onopordifolia* та кількістю опадів була негативною. Значний вплив на стан пігментів для цих рослин мають опади у нічний період доби та мінімальна температура поверхні ґрунту.

За результатами досліджень у 2023 р. визначено зворотну залежність між вмістом пігментів у рослинах *C. onopordifolia* та кількістю опадів. Причому, вміст каротиноїдів перебуває у значній прямій позитивній залежності ($r = 0,60$, $p < 0,001$) від сумарної кількості опадів упродовж доби. Дещо слабший зворотний зв'язок виявлено між кількістю опадів та вмістом хлорофілу *a*. Щодо виду *C. cirsioides* з'ясовано, що співвідношення між вмістом хлорофілу *b* і каротиноїдами значною мірою залежить від кількості опадів. Також для рослин цього виду виявлено зворотну кореляцію між мінімальними

значеннями відносної вологості повітря та співвідношенням Chl *a*/Chl *b*.

Отже, виявлено існування кореляційного зв'язку між вмістом пігментів, їхніми співвідношеннями у рослинах досліджених видів роду *Carlina* та метеопараметрами середовища. З'ясовано, що еволюційно закріплені відмінності у екотопах росту видів *C. onopordifolia* і *C. cirsioides* позначилися на вмісті фотосинтетичних пігментів та їх співвідношеннях. Вміст фотосинтетичних пігментів у особин тіншовитривалого виду *C. cirsioides*, порівняно із світлолюбним *C. onopordifolia*, є нижчим на 24–39 %. Показано, що фотосинтетичний апарат обох видів динамічно реагує на зміну абіотичних умов. У 2018 р. у рослин збільшився вміст хлорофілу *b* у ФСА, а у 2021 р – вміст каротиноїдів. Виявлено, що стан пігментного комплексу обох видів у більшій мірі залежить від дефіциту або надлишку води, ніж від температури повітря.

Список літератури

1. Кравець Н. Б., Грицак Л. Р., Прокоп'як М. З., Майорова О. Ю., Дробик Н. М. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах роду *Carlina* L. у природі та культурі *in vitro*. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2019, № 4 (78) С. 16-23.
2. Манько, М.В., Олексійченко, Н.О., & Китаєв О.І. (2016). Особливості індукції флуоресценції хлорофілу в листках рослин культиварів *Acer Platanoides* L. в умовах міста Києва. Науковий вісник НЛТУ України, No. 26(5), pp. 102-109.
3. Gholamin, R. & Khayatnezhad, M. (2011). The effect of end season drought stress on the chlorophyll content, chlorophyll fluorescence parameters and yield in maize cultivars. *Sci. Res. Essay*, No. 6, pp. 5351-5357.
4. Pollastri, S., Sukiran, N.A., Jacobs, B. & Knight, M.R. (2021). Chloroplast calcium signalling regulates thermomemory. *J. Plant Physiol.*, No. 264 (2), 153470.
5. Zahra, N., Hafeez, M.B., Ghaffar, A., Kausar, A., Zeidi, M., Siddique, K.H.M. & Farooq M. (2023). Plant photosynthesis under heat stress: Effects and management. *EEB*, No. 206, Article 105178. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105178>

**ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ РОСЛИН НА ДІЮ
КОМПЛЕКСІВ РИЗОСФЕРНИХ РОСТОСТИМУЛЮЮЧИХ
МІКРООРГАНІЗМІВ**

Комінарець О.Є., Мельникова Н.М., Коць С.Я.

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук
України

E-mail:anqueitas@ukr.net

Протягом життєвого циклу рослини взаємодіють зі значною кількістю мікроорганізмів, зокрема прикореневою мікрофлорою, функціонування якої є одним із найважливіших факторів впливу на ріст і розвиток, а також продуктивність рослинного організму. Серед ростостимулюючих ризосферних мікроорганізмів найвідоміші бактерії родів *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter* [1, 2]. Водночас, надзвичайно важливу роль у покращенні розвитку рослин відіграють везикулярно-арбускулярні гриби та гриби-аскомицети роду *Trichoderma*, які також зустрічаються у ризосфері рослин [1, 2].

Основними властивостями ризобактерій, що лежать в основі їх ростостимулюючої активності, є здатність мобілізувати необхідні для живлення рослин мінеральні елементи з важкодоступних форм, контролювати рівень фітопатогенів у прикореневій зоні, секретуючи речовини з антибіотичною дією, продукувати фітогормони та інші біологічно активні метаболіти, які разом з іншими чинниками відіграють суттєву роль у підвищенні ступеня реалізації життєвого потенціалу рослин [1, 2]. Інтродукція в ризосферу ростостимулюючих бактерій є одним із найбільш перспективних шляхів вирішення проблеми збільшення урожайності цінних сільськогосподарських культур [1, 3] для забезпечення продовольством зростаючої кількості населення Землі, що особливо важливо в умовах глобальних кліматичних змін та під час реалізації концепції сталого розвитку.

Літературні дані вказують на здатність різних видів ризобактерій, у разі використання їх для інокуляції рослин як монокультури, впливати на перебіг фізіологічних процесів, зокрема фотосинтезу, транспорту поживних речовин,

функціонування захисних механізмів [2, 3], а також на синтез біологічно активних речовин, наприклад флавоноїдів, осмолітів, фітогормонів [1, 4], що обумовлює активізацію проростання насіння, вегетативний ріст рослин і збільшення їх продуктивності [1]. Зазначене вище вказує на те, що рослини реагують на дію ризосферної мікрофлори різноманірно, а саме: шляхом регуляції біосинтетичних процесів у клітинах, змін у спрямованості функціонування окремих систем і органів, а також модифікації вегетативної маси й урожайності.

Натомість, змішані мікробні композиції, до складу яких входять два і більше видів і/або штамів мікроорганізмів можуть більшою мірою впливати на ріст і розвиток рослин, з огляду на можливість синергічної дії їх компонентів, яку забезпечують різні набори ростостимулюючих властивостей. Тобто, поєднання ризобактерій, які характеризуються, наприклад, азотфіксувальною активністю, з фосфатмобілізувальними мікроорганізмами має більший стимулюючий вплив на ріст і розвиток рослин та їх продуктивність порівняно з використанням окремих складових бінарної композиції [5], оскільки змішана мікробна культура здатна забезпечити збалансованіше живлення рослинного організму за рахунок надходження в прикореневу зону відразу двох важливих мінеральних елементів, а саме азоту і фосфору.

Полікомпонентні мікробні культури, на відміну від монокультур, за рахунок більшої кількості ризосферних мікроорганізмів у їх складі можуть активувати ширше коло біохімічних і фізіологічних процесів, викликаючи суттєвіші зміни метаболізму рослин та їх морфометричних показників. Було показано, що інтродукція в ризосферу рослинного організму композицій ростостимулюючих ризобактерій привела до збільшення вегетативної маси рослин та вмісту у надземній масі мінеральних елементів, інтенсифікації фотосинтезу та активізації ферментних систем, тоді як використання досліджуваних ризосферних мікроорганізмів у вигляді монокультур мало значно менший ефект на ці показники [1, 3, 5]. Численні дослідження відзначають більш виражений стимулюючий вплив мікробних комплексів ризобактерій при формуванні симбіотичних та асоціативних взаємовідносин з рослинами, на що вказує, зокрема,

істотніша активізація бульбочкоутворення на коренях бобових рослин, суттєвіше підвищення рівня азотфіксації в прикореневій зоні злакових культур та вмісту азоту в надземній частині, а також значне збільшення вегетативної маси порівняно до варіантів, де для інокуляції використовували бактеріальні монопрепарати [1, 5]. Прикладом реакції рослин на дію змішаних культур мікроорганізмів є також суттєве збільшення вмісту різних метаболітів і значне розширення спектру органічних сполук у кореневих виділеннях [4]. Необхідно вказати на існування відмінності не лише у спрямованості відгуку рослин на дію композицій ризосферних мікроорганізмів та окремих штамів ризобактерій, які входять до складу цих композицій, а й у швидкості реакції [4], яка може бути обумовлена видовими чи сортовими особливостями рослинного організму, а також мікробною активністю. Важливо відзначити, що мікроорганізми в змішаних культурах можуть значно впливати на ступінь прояву ростостимулювальних властивостей кожним із них [1, 5]. Це, разом з іншими чинниками, наприклад, абіотичними і біотичними стресовими факторами довкілля, може бути опосередкованим механізмом, який демонструє особливість формування рослинно-мікробних систем за участі комплексів прикореневої мікрофлори.

Незважаючи на значний прогрес у вивченні різних аспектів впливу змішаних композицій ризобактерій на рослини, залишається багато запитань, відповіді на які—дозволять розширити наші уявлення про механізми взаємодії рослинного організму із прикореневою мікробною спільнотою. Встановлення особливостей реакції рослин на вплив ризосферних мікроорганізмів із ростостимулюючою активністю у моно- та полікультурах має велике значення для розробки ефективних мікробних комплексів і новітніх технологій при створенні багатокомпонентних рослинно-мікробних систем із метою їх використання у землеробстві та відновленні екосистем.

Список літератури

1. Melnykova N. M. Rhizosphere microorganisms as a factor influencing the rhizobia-legume symbiosis/ N. M. Melnykova, L. M. Mykhalkiv, S. V. Omelchuk, S. K. Beregovenko// Fiziol. Rast. Genet. – 2018. – N 4(50). – P. 299–321.
2. Bhat M. A. Plant growth promoting rhizobacteria in plant

- health: a perspective study of the underground interaction/ M. A. Bhat, A. K. Mishra, S. Jan, M. A. Bhat, M. A. Kamal, S. Rahman, A. A. Shah, A. T. Jan// Plants. – 2023. – N 12. – P. 629.
3. Begum N. Co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and the plant growth-promoting rhizobacteria improve growth and photosynthesis in tobacco under drought stress by up-regulating antioxidant and mineral nutrition metabolism/ N. Begum, L. Wang, H. Ahmad, K. Akhtar, R. Roy, M. I. Khan, T. Zhao// Microb. Ecol. – 2022. – N 4(83). – P. 971–988.
 4. Morel M. A. The pattern of secreted molecules during the co-inoculation of alfalfa plants with *Sinorhizobium meliloti* and *Delftia* sp. strain JD2: an interaction that improves plant yield/ M. A. Morel, C. Cagide, M. A. Minteguiaga, M. S. Dardanelli, S. Castro-Sowinski// MPMI. – 2015. – N2(28). – P. 134–142.
 5. Коць С. Я. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз/ С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка, С. М. Маличенко, П. М. Маменко, Д. А. Киризий, Л. М. Михалкив, С. К. Береговенко, Н. М. Мельникова. – Киев: Логос, 2011. – Т. 2. – 523 с.

УДК 547.979.7 + 547.495.2 + 633.11 303.723

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ВМІСТУ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ І ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ПІД ЧАС ПІДЖИВЛЕННЯ КАРБАМІДОМ

Конончук О. Б., Герц А. І., Прокопів І. Б.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: kononchuk@chem-bio.com.ua; herts@chem-bio.com.ua;
prokopiv@chem-bio.com.ua

Ячмінь є важливою зерновою культурою, що вирощується на харчові, кормові і технічні потреби. В Україні культура висівається на площі близько 2,49 млн га (середнє за 2017–2021 рр.), що дозволяє, залежно від врожайності, отримувати від 7,35 (2018 р.) до 9,44 (2021 р.) млн т зерна [4].

Однак, рівень виробництва ячменю не задовольняє потреби

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

в його зерні та, зважаючи на відсутність можливості розширення посівних площ, наростити виробництво можна лише за рахунок підвищення його продуктивності, особливо ярої форми, яка поширеніша у вітчизняному аграрному виробництві. Вирішення зазначеного завдання пов'язується із комплексом заходів, які стосуються технології вирощування, зокрема, дотримання правил чергування культури в сівознах – висівання після кращих попередників (зернобобові, кукурудза, цукрові буряки, картопля та озимі зернові), проведення якісного обробітку ґрунту та достатньої й оптимальної системи удобрення, запровадження комплексного догляду на основі сучасних пестицидів, правильний підбір високопродуктивних й адаптованих до місцевих умов сортів тощо.

Важливу роль у підвищенні продуктивності рослин відіграє оптимізація їх азотного живлення, яке багато в чому визначає стан асиміляційного апарату рослин, зокрема вміст фотосинтетичних пігментів, що є суттєвим для формування урожаю [3].

Відтак, метою роботи було дослідити взаємозв'язок вмісту у прапорцевому листку фотосинтетичних пігментів із формуванням елементів продуктивності ячменю дворядного ярого сорту Аграрій під час підживлення його карбамідом.

Дослідження рослин ячменю, який вирощувався на чорноземі типовому важкосуглинистому слабогумусовому (2,6 %) із низьким вмістом легкогідролізованого азоту (102,0 мг/кг) виявило, що дворазове позакореневе підживлення карбамідом у стадії росту ВВСН 15 (N30) і ВВСН 41 (N30) стимулювало зростання вмісту фотосинтетичних пігментів та елементів продуктивності.

Так, у стадію молочної стиглості зерна ячменю, кількість хлорофілу *a* у прапорцевих листках після підживлення зростало на 20,6 % порівняно з контролем (194,5±5,5), хлорофілу *b* – на 21,2 % (контроль – 53,4±1,3), основних каротиноїдів – на 9,4% (контроль – 67,0±2,9 мг/100 г сирої маси).

За дії азотного добрива зростав загальний біологічний урожай рослин ячменю, їх зернова продуктивність і маса соломи, відповідно на 25,6 %, 9,3 % і 43,7 % порівняно з контролем, що не підживлювався та формувалася біологічний урожай, відповідно за

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

зазначеними показниками, $86,4 \pm 2,6$; $45,4 \pm 1,1$; $41,0 \pm 2,0$ ц/га.

Визначення інших елементів продуктивності ячменю дозволило встановити, що зростання показників біологічної продуктивності після внесення карбаміду відбувалося за рахунок підвищення на 29,2 % загальної кущистості рослин (контроль – $2,4 \pm 0,2$ шт.) та загальної густоти стебел – на 25,3 % (контроль – $601,0 \pm 22,2$ шт./м²), але без значних змін у густоті рослин – контроль $255,0 \pm 20,6$, дослід $237,0 \pm 11,4$ шт./м². Зміни у кущенті ячменю також індукували тенденцію до зростання кількості продуктивних стебел та продуктивної кущистості, що відповідає літературним даним [1].

Підживлення карбамідом ячменю стимулювало формування генеративних органів, зокрема на 1,3 % зростала довжина колоса (контроль – $7,7 \pm 0,02$ см), формування на 1,4 % більшої кількості в ньому колосків (контроль – $21,0 \pm 0,05$ шт.), на 6,3 % кількості зерен у суцвітті (контроль – $19,0 \pm 0,05$ шт.). Встановлено також тенденцію до зростання маси зерна у колосах на 4,1% та відсутність змін у вагомості насіння, що відповідає іншим дослідженням [1].

Розрахунок кореляції за Пірсоном ($p < 0,05$) показав тісну залежність між вмістом пігментів у прапорцевому листку ячменю, як за підживлення карбамідом, так і без. Між хлорофілом *a* і *b* існувала позитивна лінійна залежність у $r = 0,87$, а між хлорофілом *a* й основними каротиноїдами – $r = 0,77$, що вказує на відомий близький зв'язок між ними і єдність комплексу пігментів.

Зміни у фотосинтетичному комплексі за дії підживлення і без нього мали статистично достовірний позитивний вплив на продуктивність ячменю, але це стосувалось не всіх пігментів. Так, найтісніший взаємозв'язок виявлено лише між хлорофілом *b* та формуванням загального біологічного урожаю надземної маси ($r = 0,71$) і вегетативної маси рослин – соломи ($r = 0,74$), що, на нашу думку, можна пояснити відомою вищою стабільністю до різних впливів цього пігменту. Важливим чинником, що знижує рівень основних каротиноїдів у лисках, виявилась густина рослин – $r = -0,73$, що вказує на негативний вплив вищого затінення [5].

Деякі елементи продуктивності також мали достовірний зв'язок між собою. Зокрема, більша кількість рослин на одиниці

площі зменшувала ріст колоса у довжину ($r = -0,77$), а величина суцвіть була визначальною для кількості зерен у них – $r = 0,86$. Загальна густота стебел визначала загальний біологічний урожай надземної маси – $r = 0,71$, яка, у свою чергу, індукувала зміни однієї із своїх складових – маси соломи ($r = 0,97$).

Таким чином, під час вирощування ячменю ярого сорту Аграрій в місцевих ґрунтових умовах та його позакореновому підживленні карбамідом (N60) визначальним для діагностики рівня біологічної продуктивності надземної маси рослин є вміст хлорофілу *b* в його прапорцевих листках ($r = 0,71-0,74$).

Список літератури

1. Господаренко Г. М. Продуктивність ярого ячменю залежно від особливостей удобрення. *Корми і кормовиробництво*. 1995. Вип. 40. С. 16–22. URL: <https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/21977726-4410-44e5-b864-2a0ec218f924/content> (дата звернення: 27.02.2024).
2. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Вплив підживлення азотними добривами на елементи структури урожаю та продуктивність ячменю ярого. *Аграрні інновації*. 2023. № 20. С. 56–61. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.9> (дата звернення: 29.02.2024).
3. *Advances in Plant Nitrogen Metabolism* / Edited by Peerzada Yasir Yousuf, Peerzada Arshid Shabir, Khalid Rehman Hakeem. London : Taylor & Francis Group, 2022. 270 p. <https://doi.org/10.1201/9781003248361> (Last accessed: 05.03.2024).
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/> (Last accessed: 03.03.2024).
5. Zivcak M., Brestic M., Kalaji H. M. Photosynthetic responses of sun- and shade-grown barley leaves to high light: is the lower PSII connectivity in shade leaves associated with protection against excess of light? *Photosynth. Res.* 2014. Vol. 119, Iss: 3. P. 339–354. DOI: 10.1007/s11120-014-9969-8 (Last accessed: 01.03.2024).

БІОМОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИДУ *HERACLEUM MANTEGAZZIANUM* SOMMIER & LEVIER. НА ТЕРИТОРІЇ КАМ'ЯНЕЧЧИНИ

Корсун О. С.

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана
Огієнка

E-mail: korsun0711.korun@gmail.com

Heracleum mantegazzianum – багаторічна рослина родини *Ariaceae*. Рослини досягають 2–2,5 (3) м висоти, стебло борозенчасто-ребристе, з рідким опушенням. Листки голі або з нижньої сторони розсіяно опушені, прикореневі і нижні стеблові зазвичай трійчасті. Бічні сегменти розміщені на черешках, в контурі довгасто-яйцеподібні, перистонадрізані на трикутноланцетні, на верхівці зазвичай сильно витягнуті і загострені частки. Суцвіття *Heracleum mantegazzianum* формуються із складних зонтиків, промені яких мають опушення. Квітки комахозапильні, утворюють суцвіття складний кошик. Корінь стрижневий, заглиблюється до 45-60 сантиметрів в ґрунт [2; 3].

Для проведення *морфометричних* замірів було закладено три модельні ділянки розміром по 50 м². Під час досліджень, на кожній ділянці була проведена вибірка по 5 особин кожної вікової групи рослин та обчислені середні показники висоти особин *виду* *H. mantegazzianum*. Першу досліджувану ділянку було закладено у селі Китайгород, вздовж місцевої річки Тернава. Ділянка №2 розташована на галявині серед лісу в межах заказника «Панівецька дача». Завдяки гарному освітленню галявини колонія борщівника активно розвивається, але рослини не поширюються на інші території лісу через затінення. Третя ділянка знаходилась у межах села Вихватнівці, найбільшу кількість особин зафіксовано на території непрацюючої ферми села.

У ході аналізу морфометричних показників було виявлено, що найбільша середня висота генеративних особин становить 199,5 см (ділянка №3), а мінімальна –

158,6 см (ділянка №1). Для проростків показники становлять 12,5 см (ділянка №3), мінімальне значення 8,7 см (ділянка №1). В ювенільних особин максимальний показник дорівнює 40,1 см (ділянка №3), мінімальний – 31,9 см (ділянка №1). Для іматурних максимальним значенням є 56,4 см (ділянка №3) та мінімальним 46,3 см (ділянка №1) відповідно. Показники для віргінільних особин становлять: 82,7 см (ділянка №3) та 63,4 см (ділянка №1).

Аналіз морфометричних даних показав суттєві відмінності показників середньої довжини особин та ширини листкової пластинки усіх вікових груп. Це пов'язано з різними умовами місцезростання рослин. Наприклад, на ділянці №1 виявлено рослини з найменшими показниками середньої висоти генеративних особин. Рослини мали пригнічений вигляд та невеликі розміри. Це, ймовірно, пов'язано із затіненням та підвищеною вологістю ґрунту, що пригнічує ріст світлолюбного виду. Схожа ситуація спостерігається на ділянці №2, відмінною ознакою є більша площа сонячного освітлення. Зовсім інші умови відмічаються на ділянці №3. Ділянка добре освітлюється та необмежена для розширення популяцій. Ці фактори сприяють збільшенню кількості особин та активній інвазії аборигенних видів [1].

Проведені дослідження дають змогу виділити основні фактори, які сприяють поступовому розширенню територій, зайнятих рослинами виду *H. mantegazzianum*. Було виявлено залежність темпу розвитку популяцій від умов навколишнього середовища, що у свою чергу, може бути корисним для розробки методів обмеження інвазійних процесів рослин виду *H. mantegazzianum*.

Список літератури

1. Корсун О. С. Хорологічні особливості *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier. на території Кам'янецьчини / О. С. Корсун // Матеріали VII Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання розвитку біології та екології»

- (16–17 листопада 2022 р., м. Вінниця). 2022. С. 22–24.
2. Котов М. І. Борщевик – *Heracleum L.* / М. І. Котов // Флора УРСР. 1955. Т. 7. С. 607–610
 3. Protopopova, V.; Shevera, M. 2005. *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier in Ukraine. The Ecology and Management of the Giant Alien *Heracleum mantegazzianum*. Programme and Proceedings. Final International Workshop of the «Giant Alien» Project: 26. Giessen, February 21-23.

УДК 581.1

ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНИХ СИСТЕМ ЛЮЦЕРНИ З РІЗНИМИ ШТАМАМИ СИНОРИЗОБІЙ ПІД ВПЛИВОМ ЗАСОЛЕННЯ

**Коць С.Я., Михалків Л.М., Мельникова Н.М.,
Мокрицький К.А.**

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
E-mail: mykhalm@ukr.net

Засолення є одним із найбільш шкодочинних абіотичних стресових факторів, що обмежують ріст рослин та їх урожайність, а також знижують родючість ґрунтів. Близько 20 % сільськогосподарських угідь піддаються впливу сольового стресу і цей показник постійно зростає по всьому світу, причому через глобальні кліматичні зміни негативні наслідки його дії посилюються, що стає загрозою продовольчій безпеці багатьох країн [4].

Бобові розглядають як пріоритетні культури для біоремедіації деградованих засолених земель, оскільки у результаті симбіозу з бульбочковими бактеріями вони сприяють накопиченню атмосферного азоту і підвищенню родючості ґрунтів, збагачують їх поживними речовинами, мінімізують ерозію і таким чином сприяють розширенню видового різноманіття на деградованих землях [2, 3]. Водночас слід зауважити, що засолення обмежує врожайність бобових культур. Тому актуальними на сьогодні є дослідження механізмів захисту бобово-ризобіальних симбіотичних систем від високої концентрації солі у середовищі, а також пошук шляхів

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

підвищення їх стійкості до цього стресового чинника. Зокрема, зважаючи на значну роль генотипу мікросимбіонта при створенні високопродуктивних й стійких до засолення симбіотичних пар, важливим є підбір комплементарних солестійких сортів бобових і штамів ризобій.

Зважаючи на викладене, метою нашої роботи було дослідити вплив попередньо відібраних в умовах чистої культури штамів *Sinorhizobium meliloti* на формування та ефективність симбіотичних систем люцерни при внесенні у субстрат вирощування рослин хлориду натрію з метою відбору перспективних для люцерни штамів-інокулянтів за умов засолення.

Дослідження проводили на базі Інституту фізіології рослин і генетики НАН України з використанням люцерни посівної (*Medicago sativa* L.) сорту Серафима (оригінатор – Інститут зрошувального землеробства НААН України) та бульбочкових бактерій *S. meliloti* штамів СХМ1-48, М4, АС08 і АС88 із музейної Колекції штамів симбіотичних та асоціативних азотфіксуючих мікроорганізмів ІФРГ НАНУ.

Рослини вирощували у піщаній культурі у 4,5-кілограмових посудинах (7 рослин/посудину) за природних освітлення, температури та вологості повітря. Джерелом мінерального живлення була суміш Гельрігеля, що містила 0,25 норми азоту, з додаванням мікроелементів В, Мо, Fe, Cu і Mn. Перед посівом насіння стерилізували концентрованою сірчаною кислотою упродовж 5 хв, промивали у проточній водопровідній воді та інокулювали бульбочковими бактеріями *Sinorhizobium meliloti*. Тривалість інокуляції насіння – 1 год. Сольовий стрес створювали шляхом додавання 0,2 М розчину хлориду натрію у посудини з рослинами, починаючи з фази появи першого справжнього листка, упродовж 10 днів, у результаті чого в кожному з відповідних дослідних посудин було внесено загалом 4,5 г NaCl (1г NaCl/кг піщаного субстрату).

Відбори зразків для аналізу здійснювали у наступні фази: 3-4 трійчасті листки, початок стеблуння, стеблуння-початок бутонізації, бутонізація-початок цвітіння. Методи дослідження – мікробіологічні, фізіологічні, статистичні. Визначення азотфіксуючої активності симбіотичних систем люцерни

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

проводили ацетиленвідновлювальним методом [1, 5] з використанням хроматографа «Agilent Technologies 6850» (США).

У результаті проведених досліджень показано, що внесення у субстрат вирощування рослин хлориду натрію інгібувало процес формування бульбочок, їх ріст та функціонування. В умовах засолення невеликі бульбочки було виявлено у період стеблуння-початку бутонізації лише на коренях окремих рослин люцерни, інокульованої штамом АС88. При цьому їх ацетиленвідновлювальна активність була надзвичайно низькою (0,025 мкмоль C_2H_4 /(рослину \times год)). У період бутонізації-початку цвітіння бульбочки були сформовані також на коренях рослин люцерни, інокульованої штамми СХМ1-48, М4 та АС08, але відсоток нодульованих рослин і кількість бульбочок на них були невеликими (до 30 % та по 1-2 окремих бульбочки на рослині, відповідно). При цьому незначна ацетиленвідновлювальна активність була виявлена у бульбочках, сформованих за участю штамів М4 та АС08. На коренях люцерни, бактеризованої штамом АС88, в цей період були сформовані невеликі грона, в середньому по 1 на рослину. Очевидно, утворені у попередню фазу розвитку рослин бульбочки розвивалися у гроноподібні структури, при цьому подальшого утворення інших бульбочок не відбувалося. Азотфіксувальна активність цих симбіотичних систем залишалась досить низькою – 0,085 мкмоль C_2H_4 /(рослину \times год).

Мікросимбіонт відіграє важливу роль при створенні високопродуктивних і стійких до стресу симбіотичних пар: штам ризобій – сорт рослини-хазяїна. Деякі штам бульбочкових бактерій зберігають здатність до розмноження за таких концентрацій $NaCl$, що повністю інгібують розвиток макросимбіонта. Під час проведення досліджень виявлено, що застосування передпосівної обробки насіння люцерни штамми М4, АС08 та АС88 на фоні засолення сприяло збільшенню маси рослин (кореня і надземної частини) у порівнянні з контролем (без інокуляції) та варіантом використання штаму СХМ1-48, що свідчить про позитивний вплив інокуляції активними бульбочковими бактеріями *S. meliloti* на урожай зеленої маси люцерни за дії хлориду натрію.

Таким чином, підтверджено ефективність передпосівної інокуляції насіння люцерни активними синоризобіями для підвищення її продуктивності в умовах засолення, при цьому штам *S. meliloti* АС88 відзначено як перспективний для подальших досліджень щодо його застосування при вирощуванні люцерни за дії сольового стресу.

Список літератури

1. Крикунець В.М. Ацетиленвідновний метод у дослідженнях з фізіології бобово-ризобіального симбіозу. *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. 1993. 25, № 5. С. 419-430.
2. Михалків Л., Коць С., Обезюк І. Вплив засолення на бобові рослини та їх використання для відновлення родючості ґрунтів. *Biol. Stud.* 2023. 17(3). Р. 211–224.
3. Abiala M.A., Abdelrahman M., Burritt D.J., Tran L-S.Ph. Salt stress tolerance mechanisms and potential applications of legumes for sustainable reclamation of salt-degraded soils. *Land Degrad. Dev.* 2018. Vol. 29. P. 1–11.
4. Ilangumaran G., Smith D.L. Plant growth promoting rhizobacteria in amelioration of salinity stress: a systems biology perspective. *Front. Plant Sci.* 2017. Vol. 8. 1768.
5. Hardy R.W.F., Holsten R.D., Jackson E. K., Burns R. C. The acetylene – ethylene assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiol.* 1968. Vol. 43. P. 1185–1207.

УДК 57.082.11:633/635.044:069.5:58

**КОЛЕКЦІЯ РОСЛИН ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ У ФОНДАХ
ГЕРБАРІО (УМ)**

Мамчур Т.В.

Уманський національний університет садівництва

E-mail: mamchur-tv@ukr.net

Декоративні рослини тропічного і субтропічного походження завжди приваблювали квітників-аматорів з метою вирощування їх в умовах закритого ґрунту [2]. Історію інтродукції екзотичних рослин можна проаналізувати й за гербарними зразками, які збережено у колекційних фондах

наукових та навчальних установах.

У фондах гербарію Уманського національного університету садівництва (УМ) збережено колекцію садових і кімнатних рослин, які були вирощені в умовах теплично-оранжерейного комплексу на кінець ІХ початок ХХ ст. Підготовка фахових садівників передбачала вивчення учнями училища вирощування та розмноження рослин як для відкритого, так і закритого ґрунту, подальша їх гербаризація [3].

Мета роботи – проаналізувати гербарну колекцію екзотичних рослин за гербарними етикетками, яка збережена в історичній частині гербарію (УМ). А також дослідити їх географічне поширення, встановити життєві форми, перевірити таксони за сучасною міжнародною базою даних «Plants of the World Online» (POWO, 2024) [5], оскільки деякі з них є синонімічними.

Створена нами первинна база даних фондів гербарію (УМ), зокрема історична частина, містить 147 гербарних аркушів (г.а.) інтродуцентів закритого ґрунту. У формуванні даної колекції виступили учні Уманського училища садівництва і землеробства (нині Уманський національний університет садівництва). Рослини зібрано в теплично-оранжерейному комплексі на базі навчального закладу який існує і до нині. Частину гербарних зборів привезено з Нікітського ботанічного саду (Крим), який на той час також виступав матеріально-технічною базою. Про це інформують гербарні етикетки та історичні матеріали музею історії університету [1, 3].

За результатами опрацювання колекції рослин встановлено, що провідними родинами за видовим складом із вищих спорових рослин є *Aspleniaceae* Newman, *Dennstaedtiaceae* Pic.Serm., *Nephrolepidaceae* Pic.Serm., *Polypodiaceae* J.Presl & C.Presl, *Pteridaceae* E.D.M.Kirchn.; з вищих насінних – *Acanthaceae* Juss., *Aizoaceae* Martinov, *Apocynaceae* Juss., *Araceae* Juss., *Araliaceae* Juss., *Arecaceae* Bercht. & J.Presl, *Aristolochiaceae* Juss., *Asparagaceae* Juss., *Asphodelaceae* Juss., *Asteraceae* Bercht. & J.Presl, *Balsaminaceae* A.Rich., *Begoniaceae* C.Agardh, *Berberidaceae* Juss., *Bignoniaceae* Juss., *Buxaceae* Dumort., *Cactaceae* Juss., *Caprifoliaceae* Juss., *Euphorbiaceae* Juss., *Fabaceae* Lindl., *Fagaceae* Dumort., *Gesneriaceae* Rich. & Juss., *Lamiaceae*

Martinov, *Linderniaceae* Borsch, Kai Müll. & Eb.Fisch., *Malvaceae* Juss., *Marantaceae* R.Br., *Moraceae* Gaudich., *Myrtaceae* Juss., *Nepenthaceae* Dumort., *Oleaceae* Hoffmanns. & Link, *Onagraceae* Juss., *Orchidaceae* Juss., *Rhamnaceae* Juss., *Rosaceae* Juss., *Rubiaceae* Juss., *Rutaceae* Juss., *Scrophulariaceae* Juss., *Smilacaceae* Vent., *Solanaceae* Juss., *Thymelaeaceae* Juss., *Urticaceae* Juss., *Verbenaceae* J.St.-Hil. Красивоквітучі та декоративнолистяні рослини за життєвою формою представлені трав'яними, деревними, кущовими та ліанами.

Цікавим історичним надбанням гербарного фонду є іменна колекція учня училища Йозефа Пачоського (*Ex calolaris Umaniense*), яка налічує 86 г.а. інтродуцентів закритого ґрунту, датовані 1885-1886 рр. Рукописно оформлені етикетки колектором інформують про таксони із вказівкою на їх географічне походження. У 2023 р. результати аналізу його гербарних зборів оприлюднено у монографії «Фонди гербарію..., 2023» [4] доцентами Г. Черною та Т. Мамчур. Аналіз географічного поширення рослин показав наявність рослин із таких континентів: Австралія, Азія, Африка, Бразилія, Мексика, Східна Індія, Північна і Південна Америка, Чілі, Мис Доброї Надії, Нові Гебридські острови [4].

Найбільший асортимент, із восьми видів, представлено родами *Begonia* L. та *Ficus* Tourn. ex L. По одному виду – *Brunfelsia uniflora* (Pohl) D.Don, *Citrus medica* L., *Impatiens walleriana* Hook.f., *Lantana nivea* Vent., *Nepenthes* sp., *Stromanthe eximia* Eichler. Із ліан – *Aristolochia fimbriata* Cham., *A. sempervirens* L., *Ficus pumila* L., *Hedera colchica* (K.Koch) K.Koch, *Hoya carnosia* (L.f.) R.Br. Серед дерев і кущів із асортименту екзотичних рослин для відкритого ґрунту – *Berberis aquifolium* Pursh., *B. darvunii* Hook., *B. fortunei* Lindl., *Eucalyptus globulus* Labill., *Jasminum nudiflorum* Lindl., *Kerria japonica* L., *Tecoma capensis* (Thunb.) Spach. інші.

У колекційних зборах екзотичних рослин закритого ґрунту за гербарними етикетками відмічено і гербарні збори інших учнів училища (Мечислав Блонський, Павло Лучинський, Запартович, Овчинніков) за 1860, 1895-1896 роки, з відміткою «оранжерея». До цієї колекції кімнатних рослин увійшли однотипно оформлені гербарні аркуші й невідомого колектора за 1912 р. Дану колекцію

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

опрацьовано було завідувачем кафедри ботаніки Віктором Антоновичем Гаврилюком, яку ідентифікували за почерком автора «*Notae criticae*» [3].

На сьогодні гербарні зразки відмінно збереглися, мають авторські рукописні етикетки та набули історичної цінності. Вони слугують науковим доробком для проведення досліджень із аналізу фіторізноманіття в його історичному аспекті. Перелік гербарних зборів є свідченням ведення інтродукції рослин екзотів в умовах закритого ґрунту, їх вивчення та розмноження, які з часом поповнювалися новими видами.

У результаті проведеного аналізу видового складу гербарних зразків виявлено широкий асортимент екзотичних рослин, які слугували для учнів училища навчальним наочним і природним матеріалом при опануванні природничих дисциплін ботаніка, декоративне садівництво та кімнатне квітництво. На сьогодні стали в нагоді студентам спеціальності 091 Біологія, 206 Садово-паркове господарство з вивчення інтродукції рослин, ботаніка, фітодизайн інтер'єрів, написанні дипломних робіт, які є у пріоритеті їх фаховості.

Список літератури

1. Архівні матеріали. Оранжерея УНУС. НВФ-839.
2. Енциклопедія рослин садових і кімнатних. Довідкове видання / Укладач С. В. Ануфрієва. Донецьк : ТОВ «Глорія Трейд», 2013. 224 с.:іл.
3. Мамчур Т. В., Карпенко В. П., Парубок М. І., Свистун О. В. Вчені-ботаніки Уманського національного університету садівництва та їх наукові дослідження (1844-2016): монографія (присвячується 95-річчю створення кафедри ботаніки) [за ред. В. П. Карпенка]. Умань : ВПЦ «Візаві», 2017. 280 с., іл.
4. Фонди наукового гербарію Уманського національного університету садівництва (УМ). Гербарна колекція Йозефа Пачоського: монографія / авт.-упоряд. Т. В. Мамчур, Г. А. Чорна; за ред. д-ра с.-г. наук В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2023. 496 с.: іл.
5. Plants of the World Online. (POWO). URL: <https://powo.science.kew.org/> (дата звернення 13 березня 2024)

**ДОСЛІДЖЕННЯ АМІНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ
КУЛЬТИВОВАНИХ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН МЕТОДОМ
ГХ/МС**

**¹Марчишин С. М., ¹Слободянюк Л. В., ²Рахметов Д. Б.,
²Рахметова С. О., ¹Демидяк О. Л., ³Скринчук О. В.,
¹Жиляєва С. М.**

¹Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського МОЗ України

²Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України

³Буковинський державний медичний університет

E-mail: svitlanafarm@ukr.net

Важливими біологічно активними речовинами первинного синтезу є амінокислоти, які мають різну біологічну активність. Вони відіграють важливу роль для людини як високоактивні фармакологічні речовини. Окрім своєї основної функції попередників синтезу протеїну, амінокислоти беруть участь у численних обмінних процесах, адже мають виражену секретолітичну активність – стимулюють секрецію інсуліну, глюкагону, кортизолу та інсуліноподібного фактора росту-1 [1]. У джерелах наукової літератури є інформація про регуляторну роль амінокислот у транскрипції та трансляції генів, про їх важливу роль у внутрішньоклітинній передачі сигналів [1, 2].

Важливе значення мають незамінні або есенціальні амінокислоти, відсутність або недостатність яких викликає негативний баланс нітрогену, призводить до затримки росту і розвитку організму, зменшення маси тіла, порушення процесів обміну речовин.

Амінокислоти та їх похідні у медичній практиці використовують у вигляді моно- і комбінованих лікарських засобів як для профілактики, так і для лікування захворювань серцево-судинної, нервової, травної систем, зміцнення імунної системи, нормального функціонування ендокринних залоз, із метою профілактики атеросклерозу тощо [3, 4].

Відомо, що амінокислоти містяться в надземних і підземних органах практично всіх квіткових рослин, де вони необхідні як для побудови таких активних груп біологічно

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

активних речовин як ферменти, вітаміни, ауксини, флавоноїди, поліфеноли, пігменти тощо [5].

Лікарські рослини сьогодні є одним із перспективних джерел отримання амінокислот. Тому важливим та актуальним є дослідження даної групи біологічно активних речовин у рослинах.

Метою наших досліджень було встановити якісний склад і визначити кількісний вміст амінокислот, які наявні у сировині ряду досліджуваних культивованих видів лікарських рослин: *Tagetes lucida* Cav., *Serratula coronata* L., *Crambe cordifolia* Stev., *Crambe koktebelica* (Junge) N. Busch) та *Rumex patientia* L. × *Rumex tianshanicus* Losinsk

Матеріалом для досліджень була трава чорнобривців золотистих (*Tagetes lucida* Cav.), трава і підземні органи серпію увінчаного (*Serratula coronata* L.), корені картану серцелистого (*Crambe cordifolia* Stev.) і катрвну коктебельського (*Crambe koktebelica* (Junge) N. Busch)) і стебла, квітки, листки, корені та насіння щавнату сорту Київський Ультра (*Rumex patientia* L. × *Rumex tianshanicus* Losinsk), які заготовляли на дослідних ділянках відділу квітниково-декоративних рослин та відділу культурної флори Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України. Надземні органи заготовляли у фазу масового цвітіння рослин, підземні – після відмирання надземної частини. Для експериментальних досліджень використовували сировину врожаю 2021-2023 років.

Визначення амінокислот у досліджуваній сировині проводили методом газової хромато-мас-спектрометрії (ГХ/МС).

Хроматографічне розділення здійснювали на газовій хромато-мас-спектрометричній системі Agilent 6890N/5973inert (Agilent technologies, USA). Ідентифікацію амінокислот проводили шляхом порівняння часів утримання стандартів амінокислот та за наявністю репрезентативних молекулярних та фрагментарних іонів. Кількісний вміст визначали шляхом додавання внутрішнього стандарту – норваліну (75 мкг/зразок) [6]. Вміст зв'язаних амінокислот визначали шляхом віднімання вмісту вільних амінокислот від їх загального вмісту.

Результати досліджень показали, що у чорнобривців траві ідентифіковано 11 зв'язаних амінокислот і 5 вільних. Трава чорнобривців золотистих містить значну кількість проліну: вільного – 6,44 мкг/мг, зв'язаного – 18,82 мкг/мг. Також у *Tagetes*

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

lucida з вільних амінокислот виявлено L-лізин (1,02 мкг/мг), L-аспарагінову кислоту (0,83 мкг/мг), L-ізолейцин (0,25 мкг/мг), L-фенілаланін (0,10 мкг/мг). Окрім L-проліну, у чорнобривців золотистих трав зі зв'язаних амінокислот у значних кількостях виявлено L-лейцин (2,99 мкг/мг), L-аспарагінову кислоту (2,57 мкг/мг), L-валін (1,94 мкг/мг).

У коренях катрану серцелистого міститься 12 вільних і 17 зв'язаних амінокислот, у коренях катрану коктебельського – 13 вільних і 18 зв'язаних амінокислот. З вільних амінокислот у катрану серцелистого коренях переважала незамінна амінокислота пролін, вміст якого становив 31,582 мкг/мг і валін – 4,497 мкг/мг. У катрану коктебельського коренях найбільший вміст з вільних амінокислот склали лізин, пролін і валін – 4,920 мкг/мг, 3,427 мкг/мг і 3,164 мкг/мг відповідно. Аналіз зв'язаних амінокислот показав, що катран коктебельський містить значну кількість аспарагінової кислоти (10,961 мкг/мг), валіну (8,244 мкг/мг), лейцину (8,222 мкг/мг), фенілаланіну (7,226 мкг/мг) і серину (7,167 мкг/мг).

У щавнату листках і насінні ідентифіковано по 14 зв'язаних амінокислот і по 13 вільних, у коренях – 16 зв'язаних і 11 вільних, у стеблах – 11 зв'язаних і 7 вільних, у суцвіттях – 12 зв'язаних і 5 вільних амінокислот. У всіх досліджуваних об'єктах, окрім стебел, виявлено у значних кількостях з вільних амінокислот L-пролін. З вільних амінокислот у щавнату листках і насінні також домінували L-фенілаланін (7,64 мг/г і 5,98 мг/г) і L-валін (4,52 мг/г і 4,44 мг/г) відповідно, у коренях L-лізин і L-валін – 2,01 мг/г і 1,57 мг/г, у суцвіттях – L-аспарагінова кислота – 0,50 мг/г. У стеблах домінуючою амінокислотою був гліцин, вміст якого становив 0,25 мг/г. Зі зв'язаних амінокислот в листках і насінні щавнату за кількісним вмістом переважала незамінна амінокислоти L-лейцин, вміст якої становив 10,68 мг/г і 9,65 мг/г відповідно. Окрім L-лейцину, у насінні щавнату зі зв'язаних амінокислот у значних кількостях виявлено L-аспарагінову кислоту (9,07 мг/г), у суцвіттях – L-фенілаланін (7,91 мг/г). У коренях домінували такі амінокислоти як L-фенілаланін (5,22 мг/г) і L-триптофан (3,87 мг/г), у стеблах – L-аспарагінова кислота (1,09 мкг/мг) і L-пролін (1,02 мг/г).

У траві серпю увінчаного ідентифіковано 16 зв'язаних амінокислот і 12 вільних, у підземних органах – 16 зв'язаних і 10

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

вільних. З вільних амінокислот у серпії увінчаного траві і підземних органах домінував пролін, вміст якого становив 54,41 мг/г і 48,34 мг/г відповідно. Зі зв'язаних амінокислот у траві і підземних органах досліджуваного виду виявлено значну кількість аспарагінової кислоти (56,10 мг/г і 42,27 мг/г відповідно) і лейцину (49,11 мг/г і 31,69 мг/г відповідно).

Результати проведених досліджень свідчать, що лікарські рослини характеризуються багатим амінокислотним складом і можуть бути рекомендовані для одержання відповідних лікарських засобів.

Список літератури

1. Comerford K. B., Pasin G. Emerging evidence for the importance of dietary protein source on glucoregulatory markers and type 2 diabetes: different effects of dairy, meat, fish, egg, and plant protein foods. *Nutrients*. 2016. Vol. 8, № 8. P. 446.
2. Савич А. О., Марчишин С. М., Лемішка Т. І. Вивчення амінокислотного складу збору лікарських рослин з антидіабетичною активністю. *Медична та клінічна хімія*. 2020. Т. 22. № 4. С. 96-102.
3. Determination of free and bound amino acids in plant raw materials of *Zea mays* L. by the method of high-performance liquid chromatography / U. V. Karpiuk, V. S. Kyslychenko, I. S. Cholak, O. I. Yemelianova. *Pharmacognosy Research*. 2020. № 12. P. 143-148.
4. Waheed E. J., Obaid S. M. H., Al-Hamdani A. A. S. Biological activities of amino acid derivatives and their complexes a review. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. № 10 (2). P. 1624-1641.
5. Davies J. S. Aminoacids, peptides and proteins. Cambridge : The Royal Society of Chemistry, 2006. 472 p.
6. Vancompernelle B., Croes K., Angenon G. Optimization of a gas chromatography–mass spectrometry method with methyl chloroformate derivatization for quantification of amino acids in plant tissue. *Journal of Chromatography B*. 2016. Vol. 1017. P. 241-249.

**ДЕРЕВНІ НЕКТАРОНОСИ ЛІСОВИХ УГІДЬ
УРМАНСЬКОГО ЛІСНИЦТВА**

Мацюк О. Б.¹, Базилюк М. Л.¹, Амброзюк О. Б.²

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка»

²ПФНЗ «Медичний коледж»

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

Важливою галуззю сільського господарства в Україні є бджільництво. Адже бджільництво забезпечує населення корисною продукцією та відіграє певну роль в підвищенні урожайності багатьох перехреснозапильних культур. Відомо, що від запилення бджолами збільшуються врожаї сільськогосподарських культур: гречки, гірчиці, соняшника, люцерни, конюшини, черешні, яблуні та ін. плодово-ягідних культур. Запилення рослин бджолами сприяє підвищенню якості насіння, збільшенню розміру, соковитості та поліпшенню смакових властивостей плодів.

Господарства України загалом мають сприятливі природні та кліматичні умови для розвитку бджільництва. Джерелами медозбору є сільськогосподарські культури, а також природні медоносні угіддя – ліси, насадження ярів і балок, лісосмуги, луки і пасовища.

Лісові екосистеми, які представлені лісами, луками, болотами, степами, культурними рослинними угрупованнями складають основу природного медозбору бджіл в Україні.

Медоносні рослини є майже всюди, але різні угіддя становлять далеко не однакову цінність для бджільництва. Багатство бджолиних пасовищ визначається видовим складом і кількістю медоносів, які ростуть на них. Ліси займають великі простори і мають важливе значення для бджільництва.

Найбільш нектаропилконосими є листяні ліси, основу деревостою яких формують такі дерева як липа, клен, дика яблуня, груша, каштан, в'яз. Найбільше меду дають липові ліси. На медопродуктивність лісових угідь, крім видового складу, впливає й густина деревостою. Густих ліс із зімкнутими кронами

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

пропускає мало світла, що не дає розвиватися підліску. Такі ліси мають значення, коли в них є медоносні дерева. У розрідженому лісі росте більше медоносних кущів та трав, які є постійним джерелом нектару та пилку для бджіл [1, 2, 4].

В Лісостепу свого часу були насаджені смуги з дерев, які не були типовими для даної місцевості, наприклад, з кінського каштану, білої акації та інших. Таким чином, в Лісостеповій зоні медозбори дають такі деревні нектаропилконоси: липа пухнаста і сердцелиста, робінія, гледичія, липа, кінський каштан, різні види кленів. Лісостеп характеризується такими кущовими нектаропилконосними рослинами – терен, глід, дика вишня, малина, інші [4].

Урманське лісництво створене 1940 року з метою ведення лісового господарства, охорони, захисту, раціонального використання та відтворення лісів, охорони, відтворення та раціонального використання державного мисливського фонду на території мисливських угідь, наданих в користування підприємству.

Площа лісництва становить 3340 га. Поширене на території Тернопільського району Бережанського та Зборівського району. На території лісництва переважають букові насадження [3].

Додатково, крім державного лісового фонду, використовують 5-10 га непридатних для сільськогосподарських робіт яружно-балкових земель приватного орендного підприємства «Урманське», які засаджують сосною, модриною, кленом татарським і ясенolistним, а також чагарниково-плодоягідними культурами для підгодівлі лісової фауни.

Як зазначає Разанов С.Ф., для «бджільництва серед медоносних дерев лісових угідь найбільш важливе значення мають липи. Нектаропродуктивність липи може досягати до 800 кг з одного гектару суцільних насаджень. Також необхідно зазначити, що найбільше медоносною липа буває у період сформованого дерева, за тієї умови, що вона росте не дуже густо з іншими деревами.

Серед акацій необхідно відмітити акацію білу (деревний медонос) та жовту (кущовий медонос). Нектаропродуктивність акації білої сягає 500 кг/га, а жовтої – до 125 кг/га. Акація біла забезпечує бджіл кормом у весняний період і у більшості

випадків створює можливості для вироблення бджолиними сім'ями товарного меду. Мед з акації білої має низьку спроможність до кристалізації, тому користується широким попитом як в нашій країні, так і в країнах Європи.

Цвіте в червні протягом двох-трьох тижнів. Спека та суховії значно зменшують її медоносність. Найбільше нектару виділяє та акація, що росте на піщаному ґрунті та коли перед цвітінням випадають дощі.

Найбільш поширеними серед кленів на території Лісостепу України є: клен гостролистий, клен польовий, клен татарський і клен несправжньопоподобний. Нектаропродуктивність кленів складає понад 200 кг/га [1].

Цвіте в квітні – травні, одночасно з розпусканням листя. Вважається найкращим медоносом з кленових. Бджоли беруть з нього нектар і пилок [1].

Дуб – високоросле довговічне дерево з родини букових, поширений майже по всій Європі. Заввишки до 40 і більше метрів з досить широкою кроною. Цвіте в травні – червні, одночасно з розпусканням листків. У бджільництві дуб має значення головним чином як пилконос, але за сприятливих умов погоди бджоли беруть з його жіночих квіток і нектар.

Враховуючи вищевикладений матеріал, можна зазначити, що медоносна база дісових угідь Урманського лісництва представлена достатньою кількістю видового складу деревних нектаропилконосних рослин. Але для того, щоб бджільництво було високопродуктивним та рентабельним, необхідно більш раціонально використовувати природну медоносну флору, а в ряді районів покращувати кормову базу для бджіл збільшенням лісових деревних та кущових нектаропилконосних культур, які являються одночасно і добрими медоносами.

Список літератури

1. Кошова Л.М. Квітково-нектарний конвеєр для бджіл Лісостепової зони України. *Пасіка*. 2008. №7. С 8-9.
2. Кравець О. В. Еколого-економічне використання лісових ресурсів та їх охорона. Тернопіль 2017. 174 с.
3. Кривий М.М., Жуковець О.І., Діхтяр О.О. Оцінка медоносних ресурсів лісових екосистем на основі їх типології. *Аграрна наука. Годівля тварин та харчові*

4. Чергик М.І. Кормова база бджільництва. К.: Урожай, 1976. 167 с.

УДК 581.5:507.2

**ОЦІНКА ПОСУХОСТІЙКОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН
ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ РОДУ ШАВЛІЯ (SALVIA L.)
В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Машковська С.П., Перебойчук О.П.

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

Прогнозовані зміни клімату на планеті та суттєві підвищення температур у поєднанні зі зниженням атмосферної вологості в останні роки, зумовлює актуальність інтродукції посухостійких видів декоративних рослин для забезпечення озеленення ландшафтних об'єктів. У зв'язку з цим при дослідженні інтродуцентів вагоме місце належить оцінці їх посухостійкості.

Мета наших досліджень полягала в оцінці посухостійкості декоративних рослин інтродукованих видів роду Шавлія (*Salvia* L.): *S. azurea* Michx. ex Lam., *S. cadmica* Boiss, *S. coccinea* Vuc'hoz ex Etl., *S. farinacea* Benth., *S. glutinosa* L., *S. officinalis* L., *S. splendens* Sellow ex Nees, *S. tomentosa* Mill., *S. verbenaca* L., *S. verticillata* L. та відбору серед них найперспективніших для використання в озелененні.

Рослини вирощували на колекційно-експозиційних ділянках Національного ботанічного саду ім. М. Гришка НАН України. Візуальну оцінку посухостійкості рослин проводили за трьохбальною шкалою, згідно якої 3 бали отримували рослини, які не втрачали тургору; 2 бали — втрата тургору незначна, з відновлення нормальної тургоресцентності після поливу; 1 бал - значна втрата тургору без відновлення тургоресцентності після поливу. Експериментально визначали основні показники водного режиму рослин [1]. Зразки відбиралися в період тривалої засухи у фазі цвітіння рослин. Статистичну обробку отриманих

результатів проводили за методикою Зайцева [2].

У відповідності з візуальною оцінкою посухостійкості, рослини досліджуваних видів проявили високу стійкість до дії тривалих посух. Так, рослини видів *S. splendens*, *S. glutinosa*, *S. azurea* отримали 2 балаи, тоді як *S. cadmica*, *S. coccinea*, *S. farinacea*, *S. glutinosa*, *S. officinalis*, *S. splendens*, *S. tomentosa*, *S. verbenaca*, *S. verticillata* отримали оцінку - 3 балаи.

Експериментально встановлено, що інтенсивність транспірації листків рослин досліджуваних видів знаходиться в межах від 4,6 г/м² у *S. glutinosa* до 30,4 г/м² у *S. azurea*. У порівнянні з наведеними даними Л.Д. Орловою [3], інтенсивності транспірації лучних рослин лівобережного Лісостепу України коливається в межах від 17,2 до 280, 3 г/м², можливо припустити, що вище згадані представники роду *Salvia* є достатньо посухостійкими. Дане припущення підтверджується і показниками відносної інтенсивності транспірації, які вказують на регуляцію інтенсивності втрат води рослинами в залежності від зовнішніх факторів Так, показник відносної інтенсивності транспірації у *S. cadmica* становить від 0,02 до 0,21, у *S. glutinosa* - від 0,007 до 0,05, у *S. officinalis* - від 0,01 до 0,1, у *S. tomentosa* - від 0,007, до 0,06, а у *S. verticillata* - від 0,03. до 0,1.

Велику роль у регулюванні водного обміну рослин відіграють водоутримуючі сили, які зумовлені, передусім, високим вмістом осматично активних речовин. Водоутримуюча здатність тканин сприяє зберіганню води в рослинах і є одним із захисних механізмів дії водного стресу [1].

Аналіз водоутримуючої здатності листків рослин роду *Salvia* в період тривалої посухи показав, що максимальна втрата вологи протягом 30 хв спостерігалась у *S. azurea* (9,63%), мінімальна - у *S. glutinosa* (1,34%), *S. coccinea* (1, 75%), *S. tomentosa* (1,76%). Максимальна втрата вологи у досліджуваних видів через чотири години спостерігалась у *S. azurea* (33,22%) та у *S. splendens* (30,84%), мінімальна у *S. coccinea* (9, 02%), *S. farinacea* (9,13%), *S. officinalis* (9,3%), *S. glutinosa* (9,83%).

За результатами досліджень встановлено, що найкраща водоутримуюча здатність виявилась у листків рослин видів: *S. coccinea*, *S. farinacea*, *S. officinalis*. Швидше втрачають воду

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

листки рослин видів: *S. azurea*, *S. splendens*, *S. cadmica*.

Незважаючи на користь транспіраційних рухів, під час тривалих засух їхня інтенсивність може перевищувати надходженням води через кореневу систему, що негативно впливає на життєдіяльність рослин, спричиняє їхній водний дефіцит. Водний дефіцит листків досліджуваних видів *Salvia* в період тривалої засухи коливається в межах від 8.1% до 32,7%. Високі значення водного дефіциту характерні для *S. coccinea* (32,7%), *S. glutinosa* (25,9%), *S. verticillata* (24,1%), *S. cadmica* (23,7%), низькі – для *S. azurea* (8.1%), *S. tomentosa* (9.03%), *S. verbenaca* (11.02%), середні значення – для *S. officinalis* (13,4%), *S. splendens* (17,9%), *S. farinacea* (19,4%),

Отже, результати досліджень свідчать, що інтродуковані декоративні види роду *Salvia* в умовах Лісостепу України виявили високий рівень посухостійкості. Співспавивши основні показники водного режиму рослин і провівши кореляційний аналіз між ними, нами встановлено, що такі види, як *S. azurea*, *S. splendens*, *S. cadmica*, *S. glutinosa*, є менш стійкі до посухи порівняно з іншими. Тому, більш доцільно використовувати в ландшафтних об'єктах озеленення більш стійкі до посухи види шавлій, зокрема *S. coccinea*, *S. farinacea*, *S. officinalis* L., *S. tomentos*, *S. verbenaca* L., *S. verticillata* L.

Список літератури

1. Векірчик К.М. Практикум по фізіології рослин. Київ: Вища школа, 1984. 240 с.
2. Зайцев Г.Н. Математика в експериментальній ботаниці. М.: Наука, 1990. 296 с.
3. Орлова Л.Д. інтенсивності транспірації лучних рослин Лівобережного Лісостепу України. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2009. 17, 1. 166-171 с.

**ПРОБЛЕМИ І СУЧАСНИЙ СТАТУС ДОСЛІДЖЕНОСТІ
РІЗНОМАНІТТЯ ГРИБІВ РОДУ *CIBORIA* FUCKEL
В УКРАЇНІ**

Новгородський А.А., Агафонов Д.Ю., Акулов О. Ю.

Харківський національний університет імені
В.Н. Каразіна

E-mail: a.novgorodsky@karazin.ua, informashiks@gmail.com,
akulov@karazin.ua

Ciboria Fuckel (1870) – рід сумчастих грибів з родини Sclerotiniaceae, який станом на цей час нараховує близько 20 видів. Представники роду мають плодові тіла апотеції характерної келихоподібної форми з довгими ніжками, що знайшло відображення у його назві (від грец. слова "κίβωριον" – кубок). Загальною спільною рисою усіх склеротинієвих грибів є здатність уражувати певні види рослин і утворювати і їх тканинах структури спокою – склероції, які після перезимівлі проростають плодовими тілами апотеціями [1, 2].

Різні представники родини мають різну субстратну спеціалізацію – *Monilinia* муміфікує соковиті плоди рослин, *Dumontinia* колонізує кореневища, *Sclerotinia* – надземні вегетативні органи Дводольних, *Gloeotinia* – насіння злаків і осок. При цьому представники роду *Ciboria* найчастіше колонізують суцвіття, плоди або насіння так званих «сережкоцвітних рослин»: верби, вільхи, ліщини, тополі. При цьому є види, які розвиваються лише на суцвіттях, а є види які віддають перевагу плодам і насінню.

Класичними видами роду *Ciboria* є *C. amentacea* (Balb.) Fuckel (циборія сережчаста) та *C. caucus* (Rebent.) Fuckel (циборія чашоподібна), які розвиваються виключно на чоловічих сережках рослини господаря. Їх апотеції утворюються раною весною у період розпускання бруньок рослин-господарів. Спори розносяться вітром і можуть уражувати тичинки. Звідти міцелій гриба-паразита розростається в тканини сережок і муміфікує їх, перетворюючи на склероції. Склероції опадають і зимують на поверхні ґрунту у лісовій підстилці і раною весною проростають апотеціями, аби знов інфікувати рослину.

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

В Україні рід *Ciboria* досі залишається майже недослідженим. На нашу думку це обумовлено не рідкісністю, а тим що плодови тіла багатьох видів є доволі малопомітними і шукати їх треба ранньої весні, фактично відразу ж після танення снігу.

Слід зауважити, що у різні періоди розвитку мікології існували діаметрально протилежні погляди на принципи виокремлення видів у складі роду *Ciboria*. Деякі автори об'єднували види *C. amentacea* та *C. caucus*. Деякі вчені виділяли у складі цього об'єднаного роду спеціалізовані тополеву, вербову та вільхову форми. Але сучасні вчені виокремлюють велику кількість самостійних і дуже спеціалізованих видів. У зв'язку з цим виникає проблема трактування назв, наведених у старих мікологічних публікаціях. Наприклад, у публікаціях доволі часто трапляється назва *C. amentacea*, але при цьому вказується, що «гриб розвивається на опалих минулорічних сережках вільхи клейкої, осики, ліщини, верби, іноді на залишках трав'янистих рослин» [4, 5]. Отже зрозуміло, що під цією назвою криється цілий комплекс видів.

Крім того, в Україні зареєстровані види *Ciboria coryli* (Schellenb.) N.F. Buchw. на чоловічих суцвіттях ліщини, *Ciboria caucus* (Rebent.) Fuckel – на чоловічих суцвіттях верби, *Ciboria betulae* (Woronin) W.L. White на насінні берези та *Ciboria batschiana* (Zopf) N.F. Buchw. – на жолудях дуба та *Ciboria viridifusca* (Fuckel) Höhn. на жіночих суцвіттях вільхи.

Згідно з монографією «Гриби помірної Європи» (2019 р.) авторства Т. Лессо і Дж. Петерсена, *C. amentacea* колонізує чоловічі суцвіття вільхи (і, можливо, ліщини), *C. caucus* – чоловічі суцвіття верби та тополі, *Ciboria betulicola* – чоловічі суцвіття берези, *C. viridifusca* – жіночі суцвіття вільхи, *C. lentiformis* – насіння вільхи, *C. betulae* – насіння берези, *C. batschiana* – муміфіковані жолуді дуба [3].

18 лютого 2024 року, у заплавному вільховому лісі на березі р. Мерефа (околиці с. Буди, Харківський район, Харківська область) на муміфікованих чоловічих суцвіттях *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth. одним з авторів цієї публікації (А. Новгородським) було виявлено спороношення гриба *Ciboria amentacea* (Balb.) Fuckel. Це одна з небагатьох верифікованих знахідок цього виду в

Україні. Крім того, слід звернути увагу на дуже раннє спороношення гриба, що, вірогідно є наслідком аномально теплої зими у 2023-2024 р.

У підсумку, слід зауважити, що рід *Ciboria* заслуговує більшої уваги вітчизняних мікологів, а інформація про усі ранні знахідки потребує критичної ревізії та узагальнення.

Список літератури

1. *Ciboria caucus* (First Nature) [Електронний ресурс]. URL: <https://www.first-nature.com/fungi/ciboria-caucus.php>
2. Fuckel L. *Symbolae mycologicae: Beiträge zur Kenntniss der rheinischen Pilze*. Vol. 23. J. Niedner, 1869.
3. Laessle T., Petersen J.H. *Fungi of Temperate Europe*. Vol. 2. Princeton and Oxford, Princeton University Press, 2019. - 1715 p.
4. Palmer J et al. *Sclerotiniaceae (Discomycetes) collected in the former Federal Republic of Yugoslavia*. *Osterreichische Zeitschrift für Pilzkunde*. 3. 1994. – pp. 41-70.
5. Schumacher T. et al. *A guide to the amenticolous species of the genus Ciboria in Norway*. *Norw. J. Bot.* T. 25. №. 2. 1978. – pp. 145-155.

УДК 579.2

ЗМІШАНИЙ ПАТОГЕНЕЗ У РОСЛИН

Патика В.П.

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

E-mail: patykovolodymyr@gmail.com

Взаємодія рослин із фітопатогенними мікроорганізмами за впливу різних факторів довкілля є комплексною і включає змішаний патогенез: комахи-переносники, сегетальна рослинність (джерела інфекції), а також абіотичні умови та антропогенний вплив. Серед сучасних заходів збереження обсягів і якості врожаю продовжує домінувати хімічний захист рослин. Однак зменшення обсягів застосування пестицидів стало першочерговим завданням екологічного (органічного) землеробства в усьому світі. Це обумовлено низкою негативних

явищ, спричинених хімізацією рослинництва, зокрема, адаптацією шкочочинних видів до хімічних речовин і формуванням у популяціях шкідників і фітопатогенів стійких до пестицидів форм, зростанням частоти виникнення таких стійких форм, що випереджає створення нових препаратів, біоцидною дією пестицидів на корисну біоту; накопиченням так званих пестицидних залишків, що мігрують і накопичуються в різних екосистемах. Наслідком неконтрольованого використання хімічних засобів захисту рослин є забруднення сільськогосподарської продукції пестицидними залишками і підвищення негативного впливу на здоров'я людини і тварин.

Зважаючи на зазначене вище, моніторинг, експрес діагностика фітопатогенних мікроорганізмів, вірусів, фітоплазм, пошук мікроорганізмів-антагоністів фітопатогенів і створення на їх основі біологічних препаратів з біоцидними властивостями є, безумовно, актуальним. Позаяк у природних умовах та агрофітоценозах рослини зазвичай контактують з кількома патогенами одночасно, а більшу частину відомих даних отримано при вивченні окремих збудників хвороб, дослідження змішаних інфекцій та заходів їх обмеження набувають надзвичайно важливого значення.

Встановлення штамової і групової належності фітопатогенів, які циркулюють в агроценозах, вивчення їхніх генетичних особливостей і філогенетичних зв'язків з урахуванням факторів довкілля, а також аналіз усього мікробіому ґрунту за рядом якісних і кількісних показників є основою для довгострокового прогнозування виникнення і розвитку епідемічних ситуацій у разі проникнення емерджентних штамів і видів фітопатогенів на територію України та визначення загальної направленості біологічних процесів в агроценозах.

Використання результатів експериментальних досліджень зазначених вище проблем, дозволило розробити експрес діагностику фітопатогенних мікроорганізмів, фітоплазм і вірусів, отримати нові штами мікроорганізмів, які проявляють високу антагоністичну активність щодо патогенів сільськогосподарських рослин, особливо за змішаної інфекції. Найбільш активні штами мікроорганізмів-антагоністів рекомендовано для створення новітніх поліфункціональних мікробних і поліфункціональних

метаболічних біопрепаратів комплексної дії. Розроблено і перевірено у виробничих умовах ефективність застосування прибуткових новітніх біотехнологій вирощування зернобобових і технічних культур. Визначено шляхи протидії деградаційним процесам ґрунту на землях сільськогосподарського призначення і запропоновано системні агротехнологічні рішення з відродження і збереження родючості ґрунтів України [1,2].

Дослідженнями останніх років показано, що рослини здатні утворювати асоціації з різноманітними мікроорганізмами, що належать до різних царств – археї, бактерії, гриби і протисти. При цьому більшість наукових досліджень, що ілюструють синергізм впливу різних мікроорганізмів на здоров'я рослини-хазяїна, присвячено взаємодіям бактерій і грибів.

Сучасний підхід до вивчення хвороб рослин базується на уявленнях про те, що їх збудниками є один, певний вид/штам патогена. Однак у природі мікроорганізми в основному трапляються як представники складних мікробних комплексів. Більшість лабораторних досліджень зосереджено на окремих штаммах мікроорганізмів, що виділені в чисту культуру. Водночас майже нічого не відомо про можливі взаємодії патогенних мікроорганізмів у природних екосистемах. Це значно ускладнює дослідження захворювань і цей факт потрібно враховувати при розробці ефективних заходів контролю патогенів.

З іншого боку, є лише поодинокі повідомлення про синергічну взаємодію між збудниками хвороб рослин. Проте механізми таких взаємодій наразі невідомі. Синергічна взаємодія збудників хвороб рослин може призвести до виникнення комплексів фітопатогенів, що можуть виявитися більш поширеними, ніж очікувалося, і розуміння основних механізмів може мати важливий вплив на епідеміологію і розробку методів контролю захворювань рослин і низки превентивних заходів.

Дослідження не фокусувались на ролі комплексу популяцій бактерій, грибів, фітоплазм і вірусів у патологічному процесі. У деяких дослідженнях, проведених з використанням традиційних підходів, встановлено, що багато видів рослин можуть бути уражені одночасно більш ніж одним патогенним видом. У багатьох випадках зараження одним мікроорганізмом може не спричинювати важких симптомів захворювання, тоді як спільне

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

ураження іншим мікробним видом може призвести до розвитку симптомів захворювання внаслідок синергічної взаємодії патогенів.

Хвороби рослин, де в інфекційному процесі беруть участь більше одного збудника, зазвичай називають змішаними або комплексними, а їх діагностика і подальший контроль є значно складнішими. Такі захворювання виникають в результаті взаємодії широкого спектру різних груп мікроорганізмів. Традиційні фітопатологічні методи базуються на штучному зараженні рослин монокультурами фітопатогенів. Проте недостатньо відомо про можливість і синергізм їхньої взаємодії, що може призвести до важкого перебігу захворювань. Цілком імовірно, що синергізм при взаємодії різних збудників, який призводить до більш важких симптомів захворювання, зустрічається частіше, ніж очікувалося. Такі взаємодії можуть мати вирішальне значення для розуміння механізмів та еволюції мікробного патогенезу і, як наслідок, розробки ефективних стратегій боротьби із захворюваннями рослин.

Мікроорганізми, виділені з уражених рослин, потрібно оцінювати як консорціуми з урахуванням різних варіантів взаємодії і впливу на виникнення і розвиток захворювання. До вирішення такої проблеми потрібно залучити науковий підхід, що базується на бактеріологічних, мікологічних і вірусологічних дослідженнях. Встановлення фізіологічних особливостей комплексу збудників захворювань рослин мають важливе значення для визначення стратегії захисту рослин від змішаних інфекцій, спричинених патогенами, що належать до різних таксономічних груп. Впровадження системних технологічних підходів до трансформації існуючих технологічних принципів захисту і живлення сільськогосподарських культур, інтеграція нових обов'язкових біотехнологічних процедур з відновлення родючості ґрунту дасть можливість не тільки зупинити руйнівні процеси з деградації ґрунтів, а й зробити виробничий процес вирощування рослин керованим і високоприбутковим, створити умови для адаптації сільськогосподарських культур до незворотних змін клімату [3,4]. Такий підхід буде сприяти покращенню стану довкілля, отриманню екологічної сільськогосподарської продукції і збереженню здоров'я людей.

Список літератури

1. Биорегуляция растительно-микробных систем. Под ред. Иутинской Г.А., Пономаренко С.П. Киев: Ничлава, 2010. 464 с.
2. Сільськогосподарська мікробіологія. Здобутки і перспективи. За наук. ред. Волкогона ВВ, Москаленка АМ. Ніжин: ПП Лисенко ММ, 2021. 424 с.
3. Іутинська Г.О., Білявська Л.О., Тітова Л.В., Леонова Н.О., Ямборко Н.А., Вознюк С.В., Абдуліна Д.Р., Петрук Т.В., Литовченко А.М. Застосування новітніх біопрепаратів у рослинництві. Методичні рекомендації: Київ. – 2018. – 104 с.
4. Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф., Даценко В.К., Кругова Е.Д., Кириченко Е.В., Мельникова Н.Н., Михалкив Л.М. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз: [монография: в 4-х т.] /том 1/ . – К.: Логос, 2010. – 508 с.

УДК 581.14/.15+581.54]:633.34

ВПЛИВ *E*-ГЕНІВ НА МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СОЇ В УМОВАХ РІЗНОЇ ТРИВАЛОСТІ ДНЯ

Расєвська І. М., Щоголев А. С.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
E-mail: i.m.rayevska@karazin.ua, a.s.schogolev@karazin.ua

З усіх зернобобових культур соя є найбільш цінною культурою. За вмістом життєво необхідних речовин у насінні соя не має собі рівних. У зв'язку з цим останні десятиліття характеризуються винятковим розвитком її виробництва [1]. Ріст та розвиток сої залежить від впливу багатьох факторів. Тривалість фотоперіоду, температура, вологість ґрунту, строки посівів впливають на морфологічні показники сої, такі як висота та маса рослини, кількість та площа листків, а отже, і на врожайність зерна [2]. Соя – є культурою короткого дня, тому генотипи пристосовані до вузьких діапазонів широт завдяки чутливості до фотоперіоду. Основними генами, що забезпечують чутливість сої до тривалості дня є гени раннього стиглості, *E*-гени (Sober, 2009, Xu, 2013). Фотоперіод впливає на багато аспектів росту та розвитку сої, таких як закладка бобів, налив

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

насіння, ріст пагонів і коренів, реакції на стрес, темпи переходу до цвітіння та дозрівання насіння [3]. У зв'язку з цим, метою даної роботи було визначення впливу тривалості дня на морфологічні показники сої.

Об'єктом досліджень були майже ізогенні за генами *E* лінії сої (*Glycine max* (L.) Merr.) сорту Clark, надані Національним центром генетичних ресурсів рослин України. У роботі використали лінії з різною фотоперіодичною чутливістю. Короткоденні лінії: сорт Clark (*e1E2E3E4e5E7*), L63-3016 (*e1E2E3e4e5E7*), L 80-5879 (*E1e2e3E4e5E7*) та фотоперіодично нейтральні лінії: L63-3117 (*e1e2E3E4e5E7*) та L71-920 (*e1e2e3E4e5E7*).

Польові досліди проводили з травня по листопад на дослідних ділянках кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна протягом трьох вегетаційних періодів у 2018-2019 та 2021 роках. Рослини вирощували на ділянках 1 м² у трьох кратній повторності для кожного варіанту досліду. До фази третього справжнього листка рослини вирощували на природному довгому дні (16 годин), потім половину рослин піддавали впливу короткого фотоперіоду (9 годин), шляхом накривання світлонепроникним матеріалом з 17.00 до 9.00 години. Вплив коротким фотоперіодом проводили протягом 14 діб.

Для визначення впливу генів ранньої стиглості на морфометричні показники сої за різної тривалості світлового дня ми визначали висоту та суху масу рослини сої, кількість листків та площу другого, третього та четвертого повністю сформованих листків на рослині. Визначення морфометричних показників проводили протягом 21 дня.

Результати дослідження показали, що довгий день збільшував висоту рослин всіх досліджуваних ліній, від 3,34% до 12,46% у порівнянні з коротким фотоперіодом. Найбільший вплив довгий фотоперіод чинив на рослини короткоденної лінії з генотипом *E1e2e3E4* різниця з коротким фотоперіодом складала 12,46%. Показники структурної біомаси знаходилися під більшим впливом довгого дня у короткоденних ліній, ніж у фотоперіодично нейтральних ліній. Так несприятливий фотоперіод збільшував показники структурної біомаси рослини лінії *e1E2E3e4* на 31,7%, лінії *e1E2E3E4* та *E1e2e3E4* на 12,92%

та 14,07 % відповідно.

За умов довгого дня спостерігалось збільшення кількості листків у дослідних ліній незалежно від генотипу, найбільше ефект проявлявся у короткоденної лінії *e1E2E3e4* збільшення становило 16,7%. Найменший вплив тривалості фотоперіоду було виявлено для лінії *e1e2e3E4*, різниця склала 2,63%. Короткоденна лінія *E1e2e3E4* та нейтральна лінія *e1e2E3E4* мали близькі значення 5,26% та 5,41% відповідно, трохи нижчими показники у *e1E2E3E4* 4,62%. Показники площі листкової поверхні збільшувалися протягом періоду досліду, але в більшій мірі це проявлялося у нейтральноденних ліній та короткоденної лінії *E1e2e3E4*. Так у короткоденних ліній *E1e2e3E4* та *e1E2E3e4* наприкінці досліду показники площі асиміляційного апарату були відповідно на 37,5% та 29,1% більше ніж за умов короткого фотоперіоду. Таким чином за умов довгого дня відбувається стимуляція розвитку асиміляційної поверхні у досліджуваних рослин всіх ліній, але більший ступінь прояву характерний для нейтральноденних ліній.

Таким чином, результати дослідження показали, що у всіх досліджених ліній сої спостерігається зростання показників висоти та маси рослин, кількості та площі листків на довгому дні у порівнянні з коротким фотоперіодом.

Список літератури

1. Zhou X., Wang D., Mao Y., Zhou Y., Zhao L. et al. The organ size and morphological change during the domestication process of soybean. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. 913238. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.913238>
2. Xu M., Xu Z., Liu B., Kong F., Tsubokura Y. et al. Genetic variation in four maturity genes affects photoperiod insensitivity and PHYA-regulated post-flowering responses of soybean. *BMC Plant Biology*. 2013. Vol. 13. 91. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-91>
3. Zhang L. X., Liu W., Mesfin T., Xu X., Qi Y. P. et al. Principles and practices of the photo-thermal adaptability improvement in soybean. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. Vol. 19, No 2. P. 295–310. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62850-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62850-9)

**БІОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ
РОДИНИ *MAGNOLIACEAE* В УМОВАХ ЗАКАРПАТТЯ**

Савіна О.І., Попович Г.Б., Вантюх О.М.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

E-mail: olena.savina@uzhnu.edu.ua; halina.popovich@uzhnu.edu.ua;
olesia.kovaliuk@uzhnu.edu.ua

Магнолієві є чудовими садовими рослинами з оригінальною формою крони, листків, великими і запашними квітками. Вони заслуговують ширшого вивчення і використання не лише в колекціях ботанічних садів, але й для озеленення вулиць, парків, приватних садів.

Мета досліджень полягала у вивченні біоекологічних особливостей магнолієвих в умовах Ужгородського району. Об'єктами досліджень слугували *Magnolia kobus* DC., *M. soulangeana* Soul.-Bod., *M. obovata* Thunb. роду *Magnolia* L. та *Liriodendron tulipifera* L. роду *Liriodendron* L. (*Magnoliaceae*), що зростають на території ботанічного саду ДВНЗ «УжНУ», а також у приватних садах на території Закарпатської області.

Досліджувані види магнолієвих приурочені до помірного і прохолодного клімату. За допомогою порівняльної характеристики кліматичних умов району інтродукції та умов природних ареалів зростання досліджуваних видів, можна передбачити та оцінити особливості процесу акліматизації інтродуцентів в умовах Ужгородського району.

У всіх досліджуваних видів родини *Magnoliaceae* визначено високу адаптивну властивість та можливість проходження фенологічних фаз розвитку генеративних ознак. В умовах ботанічного саду найбільш критичним є повернення низьких температур у березні, коли набрякають квіткові і листові бруньки та може спостерігатися затримка диференціації і вторинне цвітіння. В цілому розвиток репродуктивних органів проходить без серйозних відхилень. Життєздатність пилку в період запилювання *M. kobus*, *M. soulangeana* і *M. obovata* є задовільною. В модельних експериментах встановлено, що пилки *M. kobus* і *L. tulipifera* є відносно стійким до нетривалого висушування, але підвищення часу дії сухого повітря до 12 годин

призводило до падіння фертильності. У вивчених видів (*M. kobus*, *M. soulangeana* і *L. tulipifera*) формуються нормально розвинені плоди і насіння. Проте, відзначається передчасне опадіння частини плодів, яке особливо властиве *M. soulangeana* та відсутність схожості у *L. tulipifera*.

Комплекс характеристик (візуальні спостереження, здерев'яніння однорічних пагонів, модельні експерименти з вивчення досягання річних пагонів, показники першої і другої фаз загартовування рослин) свідчать про високу морозостійкість *M. kobus* і *M. soulangeana*. Дещо нижчою вона є у *L. tulipifera*, що виражається в більш низькій виживаності бруньок і більш пізньому завершенні здерев'яніння пагонів. *M. obovata* має невисоку морозостійкість. За стійкістю до дії від'ємних температур після зимових і ранньовесняних відлиг досліджені види можна розташувати в такій послідовності: *M. soulangeana*, *L. tulipifera* і *M. obovata*. *M. kobus* – стійка до морозів після зимових відлиг, але недостатньо стійка – після ранньовесняних.

Критичним в річному циклі *Magnoliaceae* в умовах західного інтродукційного регіону є посушливий літній період. Комплексна оцінка посухостійкості за характеристиками водного режиму, анатомічними показниками листків і їх жаростійкості дозволила розподілити вивчені види на стійкі – *M. kobus*, середньостійкі – *M. soulangeana* і *L. tulipifera*, слабкостійкі – *M. obovata*.

Природно-кліматичні умови західного регіону не виходять за межі еволюційно виробленої норми реакції *M. kobus*, *M. soulangeana* і *L. tulipifera*, що підтверджується їх нормальним ростом, розвитком і реалізацією репродуктивної функції. *M. obovata* закінчує ростові процеси пізніше від інших видів, що корелює з її зниженою зимостійкістю. Перспективними видами для озеленення культур фітоценозів західної частини України визначено *M. kobus*, *M. soulangeana* і *L. tulipifera*. Насіннєве розмноження *M. kobus* і *M. soulangeana* в умовах західної частини України (Ужгородський район) є найбільш ефективним.

Таким чином, для оптимізації міських зелених насаджень в умовах західного регіону України особливо рекомендуємо високодекоративні *M. kobus*, *M. soulangeana* і *L. tulipifera*. Ці види можуть бути використані для насаджень в нових і при

реконструкції старих парків та скверів, озелененні територій лікарень і санаторіїв як в поодиноких посадках (*M. soulangeana* і *L. tulipifera*), так і для створення алей (*M. kobus*). *M. obovata* – малоперспективний вид для широкого озеленення населених пунктів. В зв'язку з тим, що діапазон норми реакцій цієї рослини не повністю відповідає екологічним умовам даного регіону, її вирощування можливе тільки з використанням додаткового догляду (захист на зиму, посилений полив в літній період).

УДК 625.77

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН РОДУ
FAGACEAE ДЛЯ ОЗЕЛЕННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

Савіцька Л. В., Нестерова Н. Г.

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mail: savitska21sl@gmail.com

Міське середовище – складна, динамічна, природно-антропогенна система, що перебуває під сталим впливом соціально-техногенних чинників [2]. Зростання числа міського населення призвело до серйозних соціальних, економічних й екологічних проблем. Внаслідок щільної міської забудови практично не залишилося місця для формування оазисів зелених насаджень, парків та скверів. Водночас, скорочуються не лише рекреаційні зони мегаполісів, а й заміські насадження, що виконують роль зелених міських поясів [3]. Особливої актуальності в Україні набувають проблеми збереження, відновлення та збагачення біорізноманіття форм рослин у зв'язку з аридизацією та глобальними змінами клімату Землі. Для збагачення асортименту декоративних деревних рослин, які культивують та використовують в озелененні великих міст України, а також для підвищення декоративної та естетично-культурної цінності насаджень у вуличних композиціях часто можна зустріти представників роду *Fagaceae*.

Метою роботи було вивчення біологічних та екологічних особливостей рослин роду *Fagaceae* й можливості їх використання у насадженнях загального та спеціального призначення у місті Київ. Об'єктами досліджень слугували

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

деревні рослини роду *Fagaceae*, а саме: гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) і липа широколиста (*Tilia platyphyllos* Scop.), які зростали у різних екологічних зонах: № 1 – умовний контроль – Ботанічний сад НУБіП України; № 2 – Голосіївський район – вздовж вулиці Васильківська; № 3 – вуличні насадження поблизу магістралей з інтенсивним рухом автотранспорту (вул. Блакитного і Заболотного, проспект Науки).

За інтегральною шкалою життєздатності П'ятницького М.М. [2], нами встановлено, що формування життєздатності рослин роду *Fagaceae* зумовлював спектр фізіологічних та екологічних чинників. За даними Левона, понад 65% деревних видів рослин у Києві страждають від дії високих температур та водного дефіциту [2]. При цьому, ураженість рослин хворобами та шкідниками суттєво впливає на їх декоративні якості, а також комплексну стійкість до несприятливих чинників навколишнього середовища. Так, було відмічено, що основними шкідниками рослин роду *Fagaceae* були каштанова мінуюча міль (*Cameraria ohridella Deschka et Dimic*), чорна попелиця (*Aphidoidea*) та листогризучі комахи (*Dryocosmus kuriphilus*, *Curculio elephas*). Фітопатологічна оцінка показала, що понад 45 % досліджуваних дерев уражені коричневою плямистістю (*Septoria*) і борошнистою росою (*Erysiphaceae*). На території всіх екологічних зон дослідження, особливо у магістральних посадках зони № 3, характерним саме для *Aesculus hippocastanum* L. було пошкодження листкової пластинки *Cameraria ohridella Deschka et Dimic* зі ступенем пошкодження – майже 95 %, що зумовило найнижчий бал оцінки життєздатності. Вже до середини липня деревні рослини роду *Fagaceae* втрачають до 70-80% своєї листкової поверхні, що суттєво знижує їх здатність виконувати фітосанітарні та естетичні функції, а невисокі показники життєздатності рослин *Aesculus hippocastanum* L. та *Acer platanoides* у магістральних посадках переважно обумовлений пошкодженням асиміляційного апарату комахами-шкідниками (*Dryocosmus kuriphilus*, *Curculio elephas*, *Cameraria ohridella*) (до 80-90%). Найвищий показник життєздатності спостерігався у представників *Tilia platyphyllos* Scop., які практично не пошкоджувалися шкідниками, проте нами відмічено наявність

значного числа викривлень стовбура та сухоостою, що в подальшому веде до загибелі рослини.

Оцінка рівня посухостійкості було проведено за комплексною методикою визначення стійкості рослин до посухи за Григоруком І.П. [1], що передбачає визначення потенційної посухостійкості на основі коефіцієнтів водоутримання та водовідновлення і розрахунок денного водного дефіциту. Найнижчі коефіцієнти посухостійкості нами спостерігалися у рослин, що зростають біля проїжджих частин автомагістралей зони № 3, а найвищі – на території Ботанічного саду НУБіП України, де мінімізовано негативний вплив чинників навколишнього середовища та оптимізовано постійний полив насаджень. В умовах зони № 1 (зона умовного контролю) коефіцієнти посухостійкості рослин *Aesculus hippocastanum* L. складала 61,3 – 83,3 %, у зоні № 2 – 53,7 – 71,0 %, а у зоні № 3 – 33,2 – 37,0 % відповідно. Показники низької стійкості деревних рослин до несприятливих екологічних умов підтверджуються низьким рівнем обводненості листків. Стабільно низькі показники $K_{\text{пс}}$ рослин *Aesculus hippocastanum* L. свідчать про обмежену здатність цього виду переносити посушливі умови у міському урбанізованому середовищі та низьку адаптаційну пластичність. Показники $K_{\text{пс}}$ рослин *Tilia platyphyllos* Scop. були дещо вищими, що вірогідно, зумовило їх оптимальнішу життєздатність в умовах мегаполісу.

Нами виявлено, що в умовах вуличних насаджень зони № 3 усі види деревних рослин характеризувалися підвищеним водним дефіцитом порівняно з контрольною зоною № 1. Листки рослин, що зростають на території Ботанічного саду НУБіП України (зона № 1), достовірно проявляють найнижчий водний дефіцит. Це пояснюється вищою водоутримувальною здатністю цитоплазми клітин та економішним витрачанням води за рахунок зменшення інтенсивності транспірації [1].

Отже, отримані результати досліджень свідчать щодо обмеженої життєздатності рослин роду *Fagaceae* для озелення великих промислових міст. Встановлено, рослини, зокрема *Aesculus hippocastanum* L., проявляють низьку стійкість до дії високих температур, водного дефіциту, а також пошкоджень хворобами та шкідниками, що значно впливає на їх

декоративність та стійкість. Оцінка потенційної посухостійкості *Aesculus hippocastanum* L. та *Acer platanoides* також підтверджує низьку адаптивну здатність рослин роду *Fagaceae* до умов міського середовища. Використання рослин *Tilia platyphyllos* Scop. для озелення міст може бути ефективним за умови ефективної агротехніки вирощування, підтримки оптимального водного режиму (70 % ПВ) та обробки проти шкідників.

Список літератури

1. Нестерова Н.Г. Особливості водного режиму декоративних деревних рослин у м. Київ / Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Садівництво». 2012. №66. С. 168-172
2. Левон Ф. М. Зелені насадження в антропогенно трансформованому середовищі: монографія / Ф.М. Левон; відп. Ред. П.А. Моро. – К.: ННЦ ІАЕ, 2008. – 364 с.
3. http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/1/part_2/6.pdf

УДК 251.1

**ЗНАХІДКИ ЕКІОФІТІВ СТАРИХ ЦВИНТАРІВ
ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЗЛАКОВОГО СТЕПУ**

**Скобель Н.О^{1,2}, Величко Н.С.¹, Щепелева О.В.¹,
Мойсієнко І.Г.¹**

¹Херсонський державний університет

²Варшавський університет, Польща

E-mail: skobel2015@gmail.com

В умовах антропогенізованого середовища істотного значення набувають одні з останніх осередків для збереження біорізноманіття, як об'єкти Правобережно Злакового степу (ПЗФ), балки, кліфи та об'єкти культурної спадщини. Вагоме значення для збереження біорізноманіття належить, зокрема об'єктам культурної спадщини таких як старі цвинтарі [4, 5, 7, 8], які є одними з останніх незаповідних територій, які можуть підлягати знищенню, зокрема через перепрофілювання територій та через особливості догляду за похованнями та догляд за самим об'єктом, є старі цвинтарі [9].

Метою нашого дослідження було: проаналізувати

фракцію екіофітів на прикладі 50 старих цвинтарів ПЗС.

50 старих цвинтарів розташовані в межах смуги типчаково-ковилових степів ПЗС [1]. Площа старих цвинтарів ПЗС коливається в межах від 0.1 до 32.5 га (медіана 3.05 га), вік 100 - 387 років (медіана 224 років).

Клімат ПЗС як степової зони континентальний і характеризується помірно-континентальним кліматом з м'якою безсніжною зимою і спекотним сухим літом. Регіон характеризується малою кількістю опадів, яка зменшується з півночі на південь та заходу на схід (380-450 мм на рік). Ґрунтові ресурси ПЗС представлені звичайними та південними чорноземами, за винятком темно-каштанових та каштанових ґрунтів на південному-сході та на виходами граніту на північному-сході території ПЗС [2].

Дослідження спонтанної флори старих цвинтарів ПЗС є об'єктом поглибленого вивчення, яке було розпочато у 1997 році в Херсонській області під керівництвом Івана Мойсієнка [8]. Матеріали включають результати досліджень 2007-2023 років. Вивчення флори старих цвинтарів проведено з використанням маршрутно-польових методів. Дослідження кожної ділянки проводили не менше 3 разів протягом вегетаційного періоду. Назви видів вищих судинних рослин наведені відповідно до відкритої номенклатурної бази таксонів рослин Plants of the World Online [6].

Загалом на 50 досліджених цвинтарях було виявлено 620 видів спонтаннозростаючих судинних рослин, які належать до 336 родів, 77 родин, 34 порядків, 4 класів. Флористичне багатство окремих цвинтарів варіювало в межах від 85 видів (Пшонянове) до 202 видів (Тягинка) (у середньому 151 вид на 1 цвинтар).

Як об'єкти культурної спадщини, старі цвинтарі найбільше піддані антропогенному впливу через традиції догляду за похованнями. Специфікою флори старих цвинтарів ПЗС є частка видів, які потрапили на територію з культури (ергазіофіти та екіофіти). В флорі старих цвинтарів ПЗС ергазіофіти (80; 12.7%) значно переважають над екіофітами (17; 2.7%), що свідчить про трансформацію флори та значне представництво адвентивної фракції, яка може призвести до синантропізації рослинного покриву, поширенню чагарників, що може призвести до

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

мезофітизації та зникнення несинантропних рослин. Тому важливим є предстваництво екіофітів, як аборигенної фракції флори на старих цвинтарях ПЗС: *Adonis vernalis*, *Berberis vulgaris*, *Betula borysthena*, *Convallaria majalis*, *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare*, *Muscari neglectum*, *Narcissus poeticus*, *Paeonia officinalis*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Quercus robur*, *Spiraea media*, *Ulmus laevis*, *Viburnum opulus*, *Vinca herbacea*. З точки зору збереження біорізноманіття, поширення екіофітів на старих цвинтарях ПЗС має двоякий характер. Впровадження видів, які не є степовими або не є типовими для території ПЗС, може мати негативний вплив. Насамперед через поширення фанерофітів, які не є типовими для степів: *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare* та *Quercus robur*.

Напротивагу степові несинантропні види мають шанси на збереження *in-situ*, зокрема такі рідкісні види як *Adonis vernalis*, *Betula borysthena*, *Convallaria majalis*, *Fraxinus excelsior*, *Muscari neglectum*, *Quercus robur*, *Vinca herbacea*.

На нашу думку, для старих цвинтарів ПЗС доцільно застосовувати м'яку інформаційну компанію з роз'ясненням шляхів екологізації догляду за похованнями, культурою догляду та шанування місцевих видів рослин. Наприклад, на старих цвинтарях може бути встановлено інформаційні таблиці з інформацією про рідкісні та несинантропні види, які можуть зникнути внаслідок впровадження у культуру чужорідних рослин.

Подяки

Дослідження старих цвинтарів Херсонської області підтримано проектом Шведської наукової ради (Vetenskapsrådet) N 2012-06112 та Національним науковим фондом України «Трав'яні біотопи України загальноєвропейського значення: сучасний стан, велика втрата та стратегія збереження в умовах глобальних кліматичних змін та антропогенної трансформації довкілля» (реєстраційний № 0120U104763). Дослідження 2023-2024 року були підтримані IAVS Special grant to support the research of Ukrainian members: "Plant diversity and species-area relationships modelling of steppe enclaves within old cemeteries of Northern Prychornomia region (Northern Black Sea Region) of Southern Ukraine". Окремі подяки ГО "Україна Інкогніта", членам

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

експедиційних команд Суднік-Войциковська Б., Дембіч І., Захватович М., Захарова М., Дзеркаль В. 2007-2017 років, Катерині Калашник, за участь в польових експедиціях 2023 року та Дмитру Красько за допомогу з корекцією у наборі даних.

Список літератури

1. Геоботаничне районування Української РСР/ Ред. Г.І. Білик. Київ: Наук, думка ... УСССР, 1955. 456 с. Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів / В. В. Протопопова, М. В. Шевера // *Geo & Bio*. 2019. - Т. 17. - С. 116-135.
2. Маринич О. М. Фізична географія України / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. Київ: Знання, 2005. 480 с.
3. Протопопова В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. Наукова думка, Киев. 1991. 200с.
4. Löki V., Deák B., Lukács A.B., Molnár V.A. Biodiversity potential of burial places—a review on the flora and fauna of cemeteries and churchyards. *Global Ecology Conservation*. 2019. 18 P:1-14.
5. Dayneko, P., Moysiienko, I., Sudnik-Wójcikowska, B., Dembicz, I., Zachwatowicz, M., Skobel N. Ancient settlements as natural heritage sites: the first occurrence dataset on vascular plant species from ancient settlements in the Lower Dnipro region (Ukraine). *Biodiversity Data Journal*. 2023. № 11: e99041. <https://bdj.pensoft.net/article/99041/>
6. POWO. "Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/> Retrieved 19 February 2024."
7. Moysiienko, I., Sudnik-Wójcikowska, B., Dembicz, I., Zachwatowicz, M., Skobel N. (2022) The first dataset of vascular plant species occurrences on kurgans in Southern Ukraine. . *Biodiversity Data Journal*. 2022. №10: e96879. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e96879>
8. Skobel, N., Moysiienko, I., Sudnik-Wójcikowska, B., Dembicz, I., Zachwatowicz, M., Zakharova, M., Marushchak, O., Dzerkal, V. (2023) Vascular plants of old cemeteries in the Lower Dnipro region (Southern Ukraine). *Biodiversity Data Journal*. 2023. №11: e99004. <https://doi.org/10.3897/BDJ.11.e99004>

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОРФОЛОГІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ (П63ЛЛ356,
РОЗАЛІЯ, КУПАВА)**

Шлянта Т.Б., Гуменюк Г.Б., Мацюк О.Б., Волошин О.С.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: tshlianta@gmail.com

Соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.) одна з найважливіших сільськогосподарських культур України, яка піддається впливу військових дій та вимагає нових рішень у вирощуванні. Соняшник використовується для виробництва продовольчої олії, а також в технічній, миловарній, текстильній, парфумерній промисловостях. Соняшникова макуха — поживний концентрований корм для тварин. Вона містить 37 % перетравного протеїну, 20 безазотистих екстрактивних речовин, до 6 % жиру. Так, 100 кг її відповідають 109 кормовим одиницям [5]. Із розвитком напрямку виробництва біопалива, використання соняшникової олії є привабливим для відходження від традиційних форм палива. Вирощується також на силос та зелений корм.

Сьогодення вимагає нових рішень у вирощуванні соняшнику, військові дії на території країни несуть вплив на світовий ринок, адже Україна є одним із світових експортерів — 50% [1]. А зміна регіону з Північної частини на Західну ставить нові виклики для аграріїв, бо необхідна розробка нової високоурожайної технології з урахуванням нових ґрунтово-кліматичних умов.

Дослідження проводили протягом 2023 року на дослідницьких полях “Контінентал Фармез Груп” в с. Мильне Тернопільського району, Тернопільської області. Для прогнозування біологічного потенціалу нами обрано наступні гібриди: П63ЛЛ356, Розалія та Купава.

Порівнюючи гібриди, слід відзначити, що:

- П63ЛЛ356: ранньостиглий адаптаційний гібрид, який має високий рівень посухостійкості, рекомендовано вирощувати за класичною технологією. Стійкий до вовчка

будь-якого видового складу. Вміст олії становить від 48 до 49% [3];

- Розалія: середньостиглий адаптаційний гібрид, також має високий рівень посухостійкості, стійкий до вилягання та 7 видів вовчка. Вміст олії становить 49% [2];
- Купава: середньостиглий високоврожайний і стабільний гібрид, поєднує у собі стійкість до нових видів вовчка та посухи. Рекомендується вирощувати за інтенсивною технологією. Вміст олії дуже високий і становить до 53% [4].

Порівнюючи морфологічні ознаки гібридів досліджено, що найбільша середня висота стебла у гібридів Купава — 178,5 см, менша у Розалія — 163,1 см, а найменша у П63ЛЛ356 — 155,7 см. Кількість листків у гібридів соняшнику наступна: Розалія — 24 шт., Купава — 24 шт., а найменша у П63ЛЛ356 — 21 шт. Довжина листка у кожного із гібридів наступна: Купава — 24,1 см, П63ЛЛ356 — 23,3 см, найменша у Розалія — 21,3 см, а ширина листка становить: Купава — 23,1 см, П63ЛЛ356 — 22,3 см, найменша у Розалія — 20,8 см. Площа листкової пластинки гібридів соняшнику найбільша у Купава — 35 см², у П63ЛЛ356 — 33,9 см², у Розалія — 31,1 см². Встановлено, що гібрид Купава є найбільш перспективним, адже володіє значними морфологічними показниками. Площа листкової пластинки забезпечить більший процес фотосинтезу, що позначиться на рості та розвитку рослини, а саме збільшить урожайність і вегетативну масу соняшнику. Кількість листків показує можливість гібриду стійко переносити вплив високих температур і стресових чинників. Розміри листка у гібриду відіграватиме важливу роль у конкурентоспроможності, оскільки знизить проростання бур'яну на території проростання рослини. Дані властивості допоможуть обрати оптимальний гібрид для вирощування, який зможе переносити несприятливі умови й приносити сільськогосподарським підприємствам високий урожай та якісну і стабільну продукцію. Саме гібрид Купава може стати запорукою успішного сільськогосподарського виробництва. Найменшими морфологічними показниками характеризується гібрид Розалія.

Отже, соняшник — універсальна сільськогосподарська

культура, яка при правильному обранні гібриду і використанні ознак у технології вирощування, дозволить аграріям отримувати високоякісну продукцію для подальшого використанні на ринку.

Список літератури

1. Війна росії проти України загрожує світовому ринку соняшникової олії. UkraineInvest: URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/news/29-04-22-2> (дата звернення: 31.03.2024).
2. ЕС Розалія. URL: <https://lidea-seeds.com.ua/products/es-rozaliya> (дата звернення: 31.03.2024).
3. Ранньостиглий адаптивний гібрид зі стійкістю до вовчка. URL: <https://www.pioneer.com/ua/products/sunflower/P63LL356.html> (дата звернення: 31.03.2024).
4. СИ Купава. URL: <https://www.syngenta.ua/product/seed/si-kupava> (дата звернення: 31.03.2024).
5. Соняшник однорічний. Інформаційно-аналітична система "Аграрії разом". URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plants/sonyashnik-odnorichniy> (дата звернення: 31.03.2024).

УДК 712.41 (477)

**ІНТРОДУКЦІЯ ВИДІВ РОДУ СНІЖНОЯГІДНИК
(*SYMPHORICARPOS* DUHAMEL) В УКРАЇНІ**

Яворівський Р. Л., Долопікула Г. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: forik-botan@i.ua

Термін “інтродукція рослин” у ботанічній літературі почали використовувати з другої половини XIX ст. Він був запропонований данським ботаніком Емілем Крістіаном Хансеном, а науково обґрунтований у 1855 році швейцарським ботаніком Альфонсом Декандром [4]. Походить від латинського «*introduction*», тобто впровадження або введення.

У сучасному розумінні інтродукція рослин – розділ ботанічної науки, котрий вивчає закономірності переселення

окремих видів, родів, сортів чи форм рослин за межі їхнього природного або культурного ареалів. Основним її завданням є вирішення як фундаментальних проблем, пов'язаних зі збереженням різноманіття флори, виявленням закономірностей адаптації рослин до умов нового (інтродукційного) ареалу, так і низки практичних завдань, зокрема, повного та раціонального використання рослинних ресурсів.

М. А. Кохно історію інтродукції та акліматизації деревних рослин умовно розділив на два нерівнозначні етапи: від давніх часів до початку XIX ст. та XIX – XX ст. [1]. Перший етап інтродукції тривав кілька тисячоліть. Він включає освоєння деревних рослин місцевої природної флори шляхом їхнього окультурювання, створення низки давніх культур (яблуні, груші, винограду тощо), а також інтродукцію нових господарсько цінних дерев і кущів.

На початку XIX ст. розпочався другий етап інтродукції та акліматизації деревних рослин, під час якого інтенсифікується інтродукційна робота. З початку XIX ст. було створено низку ботанічних та акліматизаційних садів, що відіграли вагомую роль в інтродукції деревних рослин [1].

Інтродукцією нових видів рослин у Європу займався відомий англійський природодослідник Роберт Форчун у середині XIX ст. [3]. Упродовж 1843–1859 рр. він чотири рази відвідав Східну Азію, звідки привіз низку нових інтродуцентів, зокрема, у 1843 році Роберт Форчун передав до Лондона нову рослину з роду *Pyracantha*, що пізніше була названа на його честь – *Pyracantha fortuneana* (Maxim.) H. L. Багато нових видів рослин до Європи потрапили завдяки капітану Кіркпатріку з компанії “Dutch East India Company”, який у 1804 році перевіз велику їхню кількість з Китаю до Великобританії. Також у цей час інтродукцією рослин активно займався англієць Уільям Керр, котрий привіз з Японії нову рослину, що згодом отримала родову назву Керрія (*Kerria* DC.).

Завдяки діяльності тогочасних інтродукторів, у Європі з'явилася низка нових декоративних видів рослин, зокрема, й представників роду *Symphoricarpos* DuRoi. Потрапляють ці рослини також і до України. За даними А. І. Барбарича, починаючи з кінця XIX ст., осередками інтродукції цих рослин в

Україні стають в основному ботанічні сади та дендропарки, а також приватні сади та парки [3].

Сніжноягідник (*Symphoricarpos* Duhamel) – рід кущів з родини Жимолостеві (*Caprifoliaceae*) порядку Черсакоцвіті (*Dipsacales*). Батьківщиною є Північна Америка та Південно-Східна Азія. Наразі в Україні культивують 9 видів роду а саме: с. закруглений (*S. orbiculatus* Moench.), с. західний (*S. occidentalis* Hook.), с. білий (*S. albus* (L.) Blake), с. м'який (*S. mollis* Nutt.), с. дрібнолистий (*S. microphyllus* H. B. Kunth.), с. гірський (*S. oreophyllus* Gray), с. круглолистий (*S. rotundifolius* Jones), с. вечірній (*S. hesperius* Jones) та с. Шено (*S. chenaultii* Rend.).

На сьогодні найбільшими колекціями сніжноягідників володіють такі ботанічні установи: Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України – 7 видів (*S. albus* (L.) Blake, *S. chenaultii* Rend., *S. hesperius* Jones, *S. occidentalis* Hook., *S. orbiculatus* Moench., *S. oreophyllus* Gray та *S. rotundifolius* Jones); Донецький ботанічний сад НАНУ – 6 видів (*S. albus* (L.) Blake, *S. chenaultii* Rend., *S. hesperius* Jones, *S. occidentalis* Hook., *S. orbiculatus* Moench. та *S. oreophyllus* Gray); Нікітський ботанічний сад – Національний науковий центр УААН – 5 видів (*S. albus* (L.) Blake, *S. microphyllus* H. B. Kunth., *S. mollis* Nutt., *S. occidentalis* Hook. та *S. orbiculatus* Moench.); Ботанічний сад Вінницького державного аграрного університету – 5 видів (*S. albus* (L.) Blake, *S. hesperius* Jones, *S. occidentalis* Hook., *S. orbiculatus* Moench. та *S. rotundifolius* Jones); Ботанічний сад Дніпропетровського національного університету – 4 види (*S. albus* (L.) Blake, *S. mollis* Nutt., *S. occidentalis* Hook. та *S. rotundifolius* Jones); Ботанічний сад імені академіка О. В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка – 4 види (*S. albus* (L.) Blake, *S. hesperius* Jones, *S. occidentalis* Hook. та *S. orbiculatus* Moench.); Ботанічний сад Одеського національного університету імені І. І. Мечнікова – 4 види (*S. albus* (L.) Blake, *S. orbiculatus* Moench., *S. oreophyllus* Gray та *S. rotundifolius* Jones); Дендрологічний парк “Асканія-Нова” Біосферного заповідника “Асканія-Нова” імені Ф. Е. Фальц-Фейна УААН – 4 види (*S. albus* (L.) Blake, *S. mollis* Nutt., *S. occidentalis* Hook. та *S. orbiculatus* Moench.); Національний дендрологічний парк «Олександрія» – 4 види (*S. albus* (L.) Blake, *S. chenaultii* Rend., *S. orbiculatus* Moench. та

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

S. oreophyllus Gray); Державний дендрологічний парк «Тростянець» НАНУ – 4 види (*S. albus* (L.) Blake, *S. hesperius* Jones, *S. mollis* Nutt. та *S. orbiculatus* Moench.); Ботанічний сад Кам'янець-Подільського аграрно-технічного університету – 3 види (*S. albus* (L.) Blake, *S. occidentalis* Hook. та *S. orbiculatus* Moench.); Ботанічний сад Львівського національного університету імені Івана Франка, Ботанічний сад Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича та Ботанічний сад Харківського сільськогосподарського інституту ім. В. В. Докучаєва – по 2 види (*S. albus* (L.) Blake та *S. orbiculatus* Moench.); Ботанічний сад Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна – 2 види (*S. albus* (L.) Blake та *S. occidentalis* Hook.); Ботанічний сад НУБіП України – 2 види (*S. albus* (L.) Blake та *S. mollis* Nutt.); Ботанічний сад Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського, Ботанічний сад Ужгородського національного університету, Криворізький ботанічний сад НАН України, Ботанічний сад Луцького педагогічного інституту, Ботанічний сад агробіостанції природничого факультету Ніжинського державного університету ім. М. В. Гоголя, Ботанічний сад агробіостанції Полтавського педагогічного інституту, Ботанічний сад Херсонського педагогічного інституту, Ботанічний сад Житомирського сільськогосподарського інституту та Національний дендрологічний парк “Софіївка” НАНУ – по 1 виду (*S. albus* (L.) Blake) [2].

Отже, найбільшою колекцією сніжноягідників в Україні володіє дендрарій Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України, де представлені 7 із 9 видів, а також низка їхніх декоративних форм.

Список літератури

1. Кохно М. А., Курдюк О. М. Теоретичні основи і досвід інтродукції деревних рослин в Україні. Київ : Наукова думка, 1994. 186 с.
2. Мамонова Р. Ю. Досвід інтродукції та перспективи господарського використання сніжноягідників в Україні. Конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів та 64-а студентська наукова конференція : тези допов. Київ : Національний

університет біоресурсів і природокористування України, 2010. С. 252–253.

3. Озеленение населенных мест / А. И. Барбарич и др.; под общ. ред. А. И. Барбарича. Киев: Изд-во Академии Архитектуры УССР, 1952. 744 с.
4. de Candolle Alphonse. Géographie botanique raisonnée. Paris: V. Masson, 1855. Т. 2. Р. 610–1365.

UDK 581.19+577.161.3

**PIGMENT CONTENT IN THE LEAVES OF TOBACCO
VARIETIES UNDER THE INFLUENCE OF HEAVY METAL
IONS**

^{1,2}**Bronnikova L.I.**

¹Dnipro National University OlesHonchar Dnipro National University

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

E-mail: Zlenko_lora@ukr.net

Stress adaptation of agricultural plants has been and is a constant topic of fundamental and applied biology. The interest in this problem is clear. On the one hand, it is aimed at understanding the plant-environment (G/E) interaction; on the other hand, keeping in mind the constant need of the growing population, efforts are being intensified to create plants capable of withstanding abiotic stresses. However, excessive or even moderate abiotic stresses cause a decrease in plant productivity worldwide [1, 2].

It is known that abiotic stresses cause a complex of interrelated reactions that can occur simultaneously or alternately. If a substance characterized by high toxicity in relatively small amounts and therefore leading to significant cell damage is chosen as a modeling stress agent.

These characteristics are characteristic of heavy metal ions (HMI), especially the group of HMI that are toxic in residual amounts and are considered physiologically unnecessary. These HMI include: Ba^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} , VO^{3-} , WO_4^{2-} .

It has been established that an excess of IPMs in leaves causes a decrease in their chlorophyll content, while their effect on the state of the pigment system is poorly understood [3].

The content of pigments and their condition determine the development and activity of the photosynthetic apparatus, as well as the productivity, viability and resistance of plants to unfavorable environmental conditions [1, 8].

The object of our research was tobacco plants of the Dubec and Samsun varieties, which reacted differently to the effects of heavy metal ions. Tobacco plants grown under control conditions served as a control. The chlorophyll content was determined by the method [4].

It is known that the reason for the decrease in chlorophyll content may be an increase in the hydrolytic activity of chlorophyllase [9]. Chlorophyllase is a component of the protein-lipid complex, and the nature of its action depends on its organization. Increased lipid peroxidation leads to microenvironment of the enzyme, which can affect the conformation.

The decrease in the amount of chlorophyll is not associated with the activation of the hydrolytic action of chlorophyllase. This phenomenon in the case of excessive exposure of the leaves of experimental plants to IPM may be caused by pigment degradation due to increased free radical oxidation of lipids in chloroplast membranes [5, 6, 7].

The decrease in chlorophyll concentration in the experimental variants due to the activation of these processes in the cell is observed under the influence of other factors.

It should be emphasized that in sensitive variants lipid peroxidation of chloroplast membranes is activated more than in tolerant ones, which corresponds to a lower chlorophyll content.

The damaging effect of IPM on chloroplast membranes due to the activation of lipid peroxidation is also manifested in the violation of the strength of chlorophyll bonding with plastid membranes.

The weakening of hydrophobic bonding in sensitive variants of experimental plants is observed.

References

1. Zhang H., Zhu J., Gong Z., Zhu J – K. 2022. Abiotic stress responses in plants. *Nature reviews genetics*. 23, P.104 – 119. <https://doi.org/10.1038/s41576-021-004413-0>
2. Kazemsouve M., Hatamian M., Tesfamariam T. 2019. Plant drought stage influences heavy metal accumulation in leafy vegetables of garden cress and sweet basil. *Chemical and*

- biological technologies in Agriculture. 25(6).
<https://doi.org/10.1186/s40538-019-0170-3>
3. Angulo-Bezaranano P.I., Puente – Rivera J., Cruz – Orteza R. 2021. Metal and metalloid toxicity in plants: an overview on molecular aspects. *Planta*. 10(4):635.
<https://doi.org/10.3390/plants0040635>
 4. Paes de Melo B., Avelar Carpinetti P., Fraga O.T., Fiores V.S., De Camargos :L.F., De Silva Ferreiro. 2022. Abiotic stress in plants and their markers: a practice view of plant stress and programmed cell death mechanisms. *J. Plant*. 11(9), 1100. <https://doi.org/3390/plants1191100>
 5. Маменко Т.П., Коць С.Я. 2020. Пероксидне окиснення у формуванні та регуляції захисних реакцій у рослин. *Український ботанічний журнал*. 77(4), 331 – 343.
<https://doi.org/10.15407/ukrbotj.77/04/331>
 6. Бакун В., Пацула О., Терек О. 2011. Інтенсивність перекисного окислення ліпідів у рослин сояниці і ріпаку за дії триптолеми в умовах токсичного впливу іонів цинку та міді. *Вісник Львівського національного університету імені Івана Франка*. 55, 194 – 200.
 7. Caesar J., Tamm A., Ruckteschler N., Weber B. 2017. Revisiting chlorophyll extraction methods in biological soil crusts – methodology for determination of phlorophylla and phlorophyl a+b as compared to previous method. Manuscript under review of journal *Biogeosciences Discussion* started. 1 - 15. <https://doi.org/10.5194/bg-2017-396>
 8. Grajec H., Rydzynski D., Piotowicz – Cieslak A., Herman A., Maciejczyk M., Wiczorek Z. 2020. Cadmium ion chlorophyll interaction – examination of special properties and structure of the cadmium – chlorophyll complex and their relevance to photosynthesis inhibition. *Chemosphere*. 261. 127434.
<https://doi.org/10.1016.chemosphere.2020.127434>
 9. Безсонова В.П. 1992. Вплив важких металів на пігментну систему листка. *Український ботанічний журнал*. 49(2), 63 – 66.

РОЗДІЛ 2

БІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН

УДК: 595.425

**ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ БІОЛОГІЇ ТЕТРАНИХОВИХ
КЛІЩІВ (ACARI, TETRANYCHOIDEA)**

Воробок І. М.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», біологічний факультет

E-mail: iryna.vorobok@uzhnu.edu.ua.

Тетраніхові кліщі - важлива група рослиноїдних артропод, які зустрічаються в усіх ландшафтних зонах, де є можливість існування квіткових рослин. За останніми даними (Migeon, Dorkeld, 2006 – 2015) у світовій фауні виявлено 1275 видів цих фітофагів на 3607 видах і сортах рослин [3]. З території Закарпаття відомо 28 видів тетраніхових кліщів з 10 родів, що становить близько 40% від видового різноманіття тетраніхид України [5]. Ці мікроартроподи впливають на стан зелених насаджень, живлячись на хлорофіловмісних органах рослин, кліщі здатні завдавати їм значної шкоди, призводячи до хлорозу, побуріння чи скарифікації листків рослин із наступним їх опаданням [7].

Останнім часом глобальні зміни клімату помітно впливають на перебіг біоценотичних процесів в цілому, що породжує проблему видів-інтродуцентів (Kolodochka & Omeri, 2010), що посилює результати впливу антропогенних факторів на екосистеми. Особливо явно ці процеси проявляються в урбанізованих, штучно створених, ценозах. Це спонукало вивченню характеристик та закономірностей функціонування основних груп кліщів в міських умовах. [1]

Залежно від умов зростання, фізіологічного стану рослин і використання акарицидів павутинні кліщі можуть завдати рослинам значної шкоди. Негативний вплив шкідників на рослини є не причиною, а наслідком несприятливих умов для їх розвитку. За характером живлення рослиноїдні плодові кліщі є одними із основних сисних фітофагів, що пошкоджують

зерняткові культури. Їх личинки та імаго живуть переважно на молодих листках плодкових дерев, де є достатня кількість вологи та поживних речовин. У пошкоджених листках різко зростає транспірація, порушується водний баланс, знижується вміст хлорофілу, призупиняється процес фотосинтезу. Листки формуються дрібні, неправильної форми з жовтими плямами, в результаті цього рослина пригнічується, плоди дрібнішають. Це зменшує врожайність, порушується процес утворення плодкових бруньок, а тому не закладається врожай на наступний рік. Найнебезпечніші кліщі навесні, в період активного росту листків та формування плодкових бруньок [6].

Акарофауна урбоценозів має ряд суттєвих ознак, що відрізняє їх від природних біотопів. В першу чергу це обумовлено особливостями мікроклімату міста, зокрема світлового і теплового режимів, вологістю, дією антропогенних факторів, забрудненням довкілля викидами автомобільного транспорту тощо. Завдяки величезному біотичному потенціалу, який визначається значною плідністю, деякі види шкочочинних рослиноїдних кліщів з родини Tetranychidae (Trombidiformes), відносно легко адаптуються до умов життя в урбанізованому середовищі і за сприятливих умов можуть швидко нарощувати чисельність своєї популяції, завдаючи істотної шкоди міським зеленим насадженням. Окрім негативних для фітофагів різких коливань перелічених факторів процес вибухового зростання чисельності ефективно контролюється суттєвим біотичним фактором – наявністю в урбоценозах природних ворогів фітофагів — хижих кліщів родини Phytoseiidae (Parasitiformes) [4].

За даними О. В. Жовнерчук, забруднення вуличних зелених насаджень викидами автомобільного транспорту суттєво відображається на життєдіяльності рослин, зокрема на їхній стійкості до пошкоджень тетраніховими кліщами. Актуальність проведення подальших досліджень в цьому напрямку не викликає сумніву, беручи до уваги все зростаюче (особливо у великих містах) техногенне навантаження [2].

Отже, тетраніхові кліщі є особливою групою кліщів, яка завдає значної шкоди зеленим насадженням. Вивчення цієї проблеми є, безсумнівно, актуальним на сьогодні, оскільки

відомості про видовий склад та еколого-біологічні особливості тетрахідів дають змогу прогнозувати спалахи шкодочинності, а також розробки стратегій контролю та захисту від шкідливого впливу павутинних кліщів на сільськогосподарські культури .

Список літератури

1. Вивчення кліщів в Україні (історико-бібліографічний екскурс) [Електронний ресурс] / І. А. Акімов, Л. О. Колодочка, І. В. Небогаткін // [Ukrainian entomological journal](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uej_2019_2_9). 2019. № 2. С. 57–67. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uej_2019_2_9
2. Дослідження тетраніхових кліщів (Trombidiformes, Tetranychidae) вуличних зелених насаджень м. Києва / О.В. Жовнерчук // Вестн. зоології. 2006. Т. 40, № 4. С. 375-378.
3. Жовнерчук О. В Історія досліджень рослиноїдних Тетраніхових кліщів (acar: tetranychidae) в Україні / Матеріали міжнародної наукової конференції «Внесок натуралістів-аматорів у вивчення біологічного різноманіття», присвяченої 200- річчю від дня народження Людвіга Вагнера (14-16 травня 2015 року, Берегово, Україна). Ужгород, 2015.
4. Жовнерчук О. В., Романко В.О., Дудинська А.Т., Колодочка Л. О. До вивчення видового складу кліщів — мешканців рослин (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) біотопів м. Ужгород / Жовнерчук О. В., Романко В.О., Дудинська А.Т., Колодочка Л. О.// Матеріали міжнародної наукової конференції «Ужгородські ентомологічні читання» (м.Ужгород, 24-26 травня 2021 р.)
5. Zhovnerchuk, O., Dudynska, A. An annotated checklist of Tetranychidae (Acari: Trombidiformes) of the Transcarpathian region (Ukraine). GEO&BIO, 2022, Vol. 23: pp. 95–106. <https://doi.org/10.15407/gb2309>
6. Крикунов І. В., Кравець І.С. Рослиноїдні кліщі в промислових насадженнях яблуні в Південному Лісостепу України [Електронний ресурс] // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2016. Вип. 88(1). С. 224-231. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/zhpumus_2016_88\(1\)_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/zhpumus_2016_88(1)_30)

7. Чибір О. І. Тетраніхові кліщі зелених насаджень Старосамбірського району Львівської області. Матеріали 73 підсумкової конференції професорсько-викладацького складу ДВНЗ «УжНУ». Серія «Біологія». Том I (23 травня 2019 р.) та Матеріали III міжнародної конференції молодих учених та студентів «Актуальні проблеми біологічних та агроекологічних досліджень у Карпатському регіоні». Том II (23 травня 2019 р.) Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2019. С. 92–93.

УДК 597.556.333.1

**ПРОЯВ ВНУТРІШНЬОВИДОВОЇ АГРЕСІЇ БИЧКА
РУДОГО *PONTICOLA EURYCEPHALUS* (KESSLER, 1874) В
ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ**

Караванський Ю. В., Заморов В. В.

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
u.v.karavanskiy@onu.edu.ua
v.zamorov@onu.edu.ua

Основою для розуміння закономірностей і особливостей поведінки риб можна вважати з'ясування їх адаптивного значення в поєднанні з встановленням їх основних принципів і механізмів, іншими словами – поєднання екологічних і фізіологічних досліджень.

При вивченні поведінки риб зазвичай виходять з того, що в пристосувальні особливості кожного виду на різних стадіях онтогенезу входить специфіка устрою і функцій органів чуття, а також нервової системи, що впливає на способи і механізми їх орієнтації та комунікаційних можливостей.

Всі ці адаптивні особливості дозволяють популяції існувати в певних умовах середовища при певних рівнях чисельності [4]. Особливу роль у комунікаційній адаптації займає агресивність. За визначенням Р. Хайнда [2], агресія – адресована іншій особині поведінка, що може призвести до нанесення ушкоджень, і часто пов'язана з встановленням переваги, отриманням доступу до певних об'єктів або права на якусь територію.

Поняття «внутрішньовидова агресія» об'єднує статеву, материнську, а також ієрархічну агресії, тобто проявляється в

контексті соціо-статеві поведінки. Об'єктами даної агресії є інші члени групи. Цей тип агресії завжди спрямований на соціального партнера, носить здебільше ритуалізований характер і часто припиняється після того, як один з них приймає позу підпорядкування або йде. Пози домінування і підпорядкування відпрацьовуються при спілкуванні з іншими представниками виду, або є спадковими [3].

В даній роботі розглядається внутрішньовидова агресивність бичка рудого *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874) як представника реліктової групи донних риб прибережної зони моря Одеського регіону.

Дослідження проводили в акваріальній кафедрі зоології, гідробіології та загальної екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова в серпні 2023 р.

Групи риб склалися з десяти особин: одна група формувалася тільки із самців, до іншої групи входили риби різної статі. При більшій щільності посадки між рибами відбувалися сутички. Травмовані особини частіше піддавалися агресії з боку інших риб, погано харчувалися і гинули.

Рухову активність та агресивність риб фіксували за допомогою цифрової камери, встановленої над акваріумом з таким розрахунком, щоб об'єктив відеокамери охоплював всю площу дна акваріума. Після закінчення експерименту отриманий відеозапис переносили в пам'ять комп'ютера і обробляли за оригінальною методикою для трекінгу лабораторних тварин «Метод комп'ютерного зору» [5].

При утриманні риб використовували природну морську воду. Температуру води в акваріумі підтримували на рівні 12° С, годували риб один раз на добу. Раціон складався з заморожених риби, креветок та мідій.

Для проведення досліджень використовували дві групи риб. Перша група складалася з 10 самців бичка рудого загальною довжиною 12–13 см, друга група була змішаною, до неї входили 5 самців загальною довжиною 12–13 см та 5 самок довжиною 10–11 см.

Вимірювання агресивної поведінки риб фіксували по інтервалах тривалістю в одну годину. За одиницю рухової активності приймалась середня кількість рухів риби за годину,

які призводили до її переміщення на відстань, більшу за довжину її тіла. За одиницю агресивної поведінки було обрано середню кількість рухів за годину, які приводили до зміни положення чи втечі риби, в напрямку якої вони були здійснені. При цьому наявність фізичного контакту між рибами не бралася до уваги.

Для порівняння агресивності визначали інтенсивність агресивності. Вона оцінювалась у відсотковому співвідношенні між агресивної активності та загальної рухової активності риб.

Спостереження проводилися протягом шести годин з 9.00 до 15.00 продовж 5 днів.

Рухова активність риб при утриманні в акваріумі лише одних самців коливалась в середньому від 62,8 до 81,0 рухів за годину.

Риби постійно пересувалися по акваріуму, змінюючи своє розташування. При зміні свого положення самці викликали агресію сусідніх риб, чи самі виявляли агресію. Найчастіше риби уникали фізичного контакту і тільки імітували напад. Самець, по відношенню до якого проявлялася агресія, завжди змінював своє положення і шукав інше місце для розташування. Інколи це приводило до прояву агресії з боку інших риб.

Агресивність риб, при утриманні в акваріумі лише одних самців складала в середньому від $25,4 \pm 1,8$ агресивних рухів за годину, інтенсивність агресивності коливалась від 29,9% до 36,0%. В середньому 34% рухів мали агресивний характер і характеризували внутрішньовидову агресію риб.

При утриманні в акваріумі змішаної групи риб – самців і самок у співвідношенні 1:1 (5 самців та 5 самок), також фіксували прояви загальної активності, її середні значення коливалися 80,2–86,5 рухів за годину. Кількість агресивних дій до інших риб у змішаній групі складала в середньому $40,4 \pm 3,2$ агресивних рухів за годину, інтенсивність агресивності у змішаній групі коливалась від 37,9% до 57,6%. В середньому 49,3% рухів мали агресивний характер і характеризували внутрішньовидову агресію риб у цій групі.

Наші спостереження виявили, що загальна рухова активність та агресивна активність вища у групі, яка складається з 5 самців та 5 самок, порівняно з групою, до якої входили тільки 10 самців. Інтенсивність агресивності також вища у змішаній

групі ніж у групі самців.

Характер агресивної активності у другій групі теж був інший. Риби були дуже агресивними, між ними постійно виникали сутички. Кілька особин були травмовані, але зберігали високу активність.

Отримані результати можуть свідчити про територіальний характер поведінки бичка рудого. Самці цього виду захищають і охороняють ділянку, на котрій вони живляться. З появою у групі самок загальна і агресивна активність може збільшуватися у зв'язку з підготовкою території, на котрій мешкають риби, до нересту [1].

Список літератури

1. Манило Л.Г. Рыбы семейства бычковые (*Perciformes, Gobiidae*) морских и солоноватых вод Украины: [монография]. / Л.Г. Манило. – К.: Наук. Думка, 2014. – 244 с.
2. Hinde R. A. Aggression and the institution of war. In *The Institution of War*, edited by Robert A. Hinde. New York: St. Martin's Press, 1992. P. 1 – 8.
3. Huntingford F. A., Turner A. K. *Animal conflict*. Chapman and Hall Animal Behaviour Series. London, 1987. – 448 pp.
4. Reese E. Social behavior and community structure of a coral reef fishes // *Contr. Brisbane*, 29 aug – 6 sept. – s.l., s.a., 1983. – P. 239.
5. Shvandt M. A. and Moroz V. V. (2022) «Overview of the detection and tracking methods of the lab animals», *System Research & Information Technologies*, No 1, pp. 124–148.

УДК: 636.082

ВИДОВЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДИНОЗАВРІВ ЄВРОПЕЙСЬКОГО КОНТИНЕНТУ

Когут В. І., Шевчик Л.О.

Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

E-mail: shevchyklubov45@gmail.com

Древні види плазунів, зокрема динозаври, що були панівною групою наземних хребетних у мезозойську еру

(тріасовий, юрський і крейдовий періоди), не могли не привернути до себе увагу з боку палеонтологів, геологів, біогеографів. Зокрема, згідно з працями членів Європейського герпетологічного товариства Гаска Дж. П., Кабела А., Долмена Д., Гроссенбахера К., Хаффнера П., Лескюра Дж., Мартенса Х., Мартенеса Ріка Дж. П. та ін. приблизна частка вимерлих плазунів, що мешкала на теренах України у минулі геологічні епохи становила, 15 – 0,22 % від загального видового багатства світової герпетофауни, 8,13% від плазунів Європи [5]. На думку американського палеонтолога Скотта Персонса (Scott Persons, 2019) більшість сучасних палеонтологічних та герпетологічних робіт містять обмежені дані щодо чисельності та видового багатства досліджуваного надряду, що дозволяє використати наведені матеріали для порівняння з сучасним станом та, за умови характеристики таксономічного та видового різноманіття, може бути цінним матеріалом для з'ясування вектору дії еволюції плазунів. Аналіз змін у видовому й таксономічному різноманітті вимерлої герпетофауни у часі може дати відповіді на питання пов'язані зі змінами еволюційного стану планети загалом [1].

Таксономічне багатство вимерлої герпетофауни Європейського континенту сформоване двома рядами: Ящеротазові Saurichia і Птахотазові Ornithischia, що належали до надряду Динозаври Dinosauria (виникнення якого датується близько 251 млн років тому), підкласу Архозаври Archosauria, класу Плазуни Reptilia. Представники обох рядів розвивалися паралельно; у юрському і крейдовому періодах вони дали надзвичайну різноманітність видів розмірами від кролика до велетнів масою 30–50 т. Заселяли сушу і прибережні зони водойм. Наприкінці крейди вимерли. Більша частина ящеротазових були хижаками, мали великі розміри (до 10–15 м). Були серед них і такі, котрі живилася рослинною їжею і пересувалася на обох парах кінцівок. Птахотазові динозаври, ймовірно, були рослиноїдними. Частина з них пересувалася на задніх кінцівках, передні лапи були вкороченими. До цього ряду також належали велетні (ігуанодони Iguanodon) завдовжки 10–15 м.

У переліку видів обидва ряди представлені одним підрядом. Таксономічне багатство підряду Тероподи Theropoda

сформоване трьома родинами. Серед яких родина Спінозаврові Spinosauridae налічує два види, що належать до двох родів. Кожна із родин Хальтікозаврові Halticosauridae та Мегалозаврові Megalosauridae представлена одним родом з одним видом у кожному [3].

Таксономічна структура підряду Цератоподи Cerapoda налічує три родини (Ігуанодонти Iguanodonidae, Стіракостерна Styracosterna, Гадрозавриди Hadrosauridae) з одним родом та видом кожна.

Таким чином, у складі вимерлої фауни класу Плазуни Reptilia Європейського континенту, при таксономічному багатстві (рівному 26), видове представлення налічувало 7 видів: баріонікс *Baryonux walkeri*, сальтопус *Saltopus elginensis*, хальтікозавр *Halticosaurus longotarsus*, мегалозавр *Megalosaurus buckland*, ігуанодон *Iguanodon bernissartensis*, стіракостера невизначена *Styracosterna indet*, рябініногадрос *Orthomerus dolloi*, кожен із яких належав до одного роду (загалом 7). При наявності доволі простої таксономічної структури (один вид – один рід – одна родина) описано п'ять родин. Деяке ускладнення схеми таксономічних зв'язків спостерігається у ряду Saurichia, де були виявлені два філогенетично споріднені види родини Спінозаврові Spinosauridae. Два види виявлені на території України.

Рештки рябіногадроса та стіракостерни, знайдені у Криму (Бахчисарайський район АР Крим) у 70-х роках минулого століття [4]. Під приводом відсутності фахівців-палеонтологів в Україні були вивезені у росію, а саме у палеонтологічний музей ім. О. Борисяка. На думку співробітника Національного науково-природничого музею НАН України Володимира Гриценко – за історичний період динозаври могли жити і на материковій території сучасної України. Підтвердженням чого є знахідки зубів динозаврів (очевидно, саме вони найкраще зберігаються у палеонтологічних рештках) не лише Криму, а й у Київській області, не виключена можливість існування динозаврів на Закарпатті та у Карпатах [2].

Список літератури

1. Кемп Т. С. Рептилії: дуже короткий вступ / пер. з англ. Будзанівська І. Оксфорд: Оксфордська університетська преса, 2019. 144 с. URL:

- <https://web.archive.org/web/20200428092931/http://oaspa.org/member/oxford-university-press/>(дата звернення: 3.10.2022).
2. Перегуда В. В Україні знайшли кістки динозавра. *Gazeta.ua*. URL: https://gazeta.ua/articles/history/_v-ukrayini-znajshli-kistki-dinozavra/1051222 (дата звернення 10.09.2021).
 3. Яненко В. О. Прикладна палеонтологія : Динозаври, мамонти та їхні пригоди після вимирання. К.: Віхола, 2021. 296 с.
 4. Яненко В. Давні тварини на території України : наукова лекція. Бердянськ: «Університетське слово». URL: <https://us.bdpu.org.ua/naukova-hostova-lektsiia-davni-tvaryny-na-terytorii-ukrainy.html> (дата звернення: 19.05.2023).
 5. Reptilia. *Mindat.org*. URL: <https://www.mindat.org/taxon-358.html>. (дата звернення: 14.02.2023).

УДК 599.735.31:591.1

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЛЕНЯ ДАВИДА ПРИ УТРИМАННІ В НЕВОЛІ НА ПВДНІ УКРАЇНИ

Корінець Н.О.

Біосферний заповідник "Асканія-Нова" імені Ф.Е. Фальц-Фейна
НААН

E-mail: korinets.nata@gmail.com

Олень Давида *Elaphurus davidianus* Milne-Edwards, 1866 занесений до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи як вид, що зник у дикій природі. Ці олені жили в болотистих місцевостях Китаю, де були знищені кілька сотень років тому і довгий час утримувалися у напіввільних умовах лише в імператорському мисливському парку, який знаходився поблизу сучасного Бейцзіна (Пекіна). У другій половині XIX століття кількох тварин відправили у зоопарки Європи, що в подальшому зіграло вирішальну роль у збереженні виду, адже в Китаї олені Давида були знищені. Всі сучасні тварини походять лише від кількох особин, тому розведення даного рідкісного виду вимагає своєчасної заміни плідників для недопущення

негативних наслідків інбридингу. У 1985 і 1987 роках олені були завезені з Великобританії у Китай, де нині живе понад 2 тисячі особин. Загалом у світі нараховують близько 5000 оленів Давида у щонайменше 100 місцях, включаючи 46 у Китаї [3]. Таким чином, олені Давида, як і коні Пржевальського, орікси аравійські, зубри, були збережені від цілковитого знищення завдяки утриманню в зоопарках, а їх чисельність вдалося значно збільшити завдяки тривалій цілеспрямованій роботі багатьох зоопарків і національних парків світу. Довжина тіла оленів Давида досягає 1,5–2,2 м, висота в холці 1,2 м. Вони важать 130–250 кг. Мають довший хвіст (50–66 см) порівняно з іншими оленями. На відміну від інших видів, у дорослих самців оленів Давида роги можуть рости і спадати в середньому три рази за два роки, а їх 4 відростки спрямовані лише назад. Довжина рогів становить 55–80 см. Статевозрілими олені Давида стають на другому році життя. Народжують одного малюка, якого годують молоком 10–11 місяців. Живуть до 18 років. Харчуються травою, водною рослинністю, листям дерев і кущів. Метою нашої роботи є аналіз біологічних особливостей і результатів розведення оленів Давида в умовах Півдня України.

Олені Давида утримуються в зоопарку "Асканія-Нова", який входить до складу Біосферного заповідника "Асканія-Нова", з 1992 року. До 2006 р. завезли двох самок і трьох самців, всі вони розмножувалися. Тварин утримують в умовах неволі двома репродуктивними групами. З 2007 року поголів'я знаходиться на рівні 10–16 особин. На 01.10.2024 в зоопарку перебувало 12 оленів. З 1995 по 2023 рік народилося 73 живих оленят. Співвідношення самці : самки становило 1:0,81. Критичним періодом для виживання молодняка був вік від народження до 2 місяців. Виживаність оленят до цього віку становила 79,5%, до 12-місячного віку – 78,1%. Причинами смерті малят були народження слабкими – 33,3% (в першу чергу внаслідок інбридингу), хвороби шлунково-кишкового тракту – 33,3, напад хижаків на новонародженого – 6,7, поганий догляд при ручному випоюванні – 6,7, вибракування через вольфартіоз – 13,3, вибракування через абсцес – 6,7.

Олені Давида в Асканії-Нова утримуються у вольєрі на екскурсійному маршруті зоопарку (репродуктивна група у складі

пари дорослих тварин і оленяти), ще одна репродуктивна група з шести дорослих особин знаходиться у вольєрі поряд з екскурсійним маршрутом, двоє самців перебувають у загоні № 1 поряд із зоопарком. У зв'язку з обмеженістю площі вольєрів та етологічними особливостями цього виду (агресивність самців, підвищена лякливість тварин) поголів'я не перебільшувало 16 особин. Надлишок тварин реалізовували у господарства різних форм власності (всього 28 особин, з них 15 самців і 13 самок). У тому числі продано 3 самців і 4 самки у віці до 9 місяців. Ще одного самця і двох самок віддали на перетримку у Миколаївський зоопарк. Таким чином, було продано і передано іншим установам 42,5% народжених у зоопарку оленів. Крім того, у грудні 2023 р. російські окупанти вивезли самця, ще один олень загинув при перевезенні або вилові). За весь період утримання вибули 33 тварини, які загинули з різних причин (27 особин) або були вибракувані (6 особин). Від захворювань загинуло найбільше тварин, з них: шлунково-кишкового тракту – 30,8%, запалення легень – 23,1%, інфекційних – 23,1%, серцевої недостатності – 15,4%, вікових змін – 7,6%. Деякі самки, які загинули від запалення легень, перед цим зазнавали тривалого переслідування самцями, що зрештою призвело до захворювання. Тварини даного виду відрізняються підвищеною лякливістю, тому часто травмуються при переміщенні в інший вольєр. З трьох вибракуваних дорослих тварин одного самця елімінували внаслідок старості, іншого – внаслідок прогресуючої слабкості через запалення легень, самку – через невдале отелення.

Строки парування оленів Давида в Асканії-Нова припадають на другу половину травня – першу половину червня. Вагітність триває в середньому $296 \pm 2,36$ днів (lim 289–304). Інтервали між народженнями і наступними паруваннями становили 1,5–2,5 місяці [1, 2]. З 70 благополучних отелень 34,2% припали на березень, 60,3 – на квітень, 4,1 – на червень і 1,4% – на липень. Ще одна самка не змогла народити в липні (плід був повністю сформований). Таким чином, в умовах Півдня України для даного виду характерна більш яскраво виражена сезонність розмноження, ніж у Великобританії, де при утриманні у напіввільних умовах у Уїпснейдському зоопарку 75% народжень відбулося у квітні [5]. Період парувань продовжувався з початку

серпня до середини грудня – початку січня [4]. Показники екстереру новонароджених і дорослих тварин в зоопарку "Асканія-Нова" були у межах норми. Морфологія рогів оленів Давида унікальна і не схожа на таку всіх інших видів Оленячих. В Асканії-Нова ріст рогів оленів Давида детально досліджував Є.П. Стекленьов. Тривалість нормального циклу роغوутворення складала $350,66 \pm 7,05$ діб зі зміною рогів влітку. В окремих самців основні роги спадають восени, додаткові – взимку [2].

Не зважаючи на значні відмінності між кліматичними умовами Півдня України та колишнього природного ареалу оленів Давида, тварини даного рідкісного виду добре акліматизувалися, про що свідчать високі показники відтворювання і виживаності молодняку. У цього виду Оленячих на Півдні України спостерігалася яскраво виражена сезонність розмноження. Розведення оленів Давида в зоопарку "Асканія-Нова" виявилось доволі успішним, проте важливим для збереження виду є завезення нових плідників із європейських зоопарків. Враховуючи досвід розведення оленів Давида в Асканії-Нова, цей рідкісний вид рекомендується використовувати для утримання в зоопарках як екзотичних тварин та з метою проведення еколого-освітньої роботи. Також це підтримує генетичний банк виду, що необхідно для недопущення його вимирання.

Список літератури

1. Стекленьов Є. П. Особливості розмноження і проходження біоритмів у оленя Давида *Elaphurus davidianus* Milne-Edwards, 1866 в умовах напіввільного утримання на півдні України. *Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова"*. 2005. Т. 7. С. 131–139.
2. Стекленьов Є. П. Взаємозумовленість процесів розмноження та формування рогів у оленя Давида, *Elaphurus davidianus* (Mammalia, Artiodactyla), в умовах напіввільного утримання на півдні України. *Vestnik zoologii*. 2012. Т. 46. № 6. С. 539–549.
3. Cheng Z.-B., Boyd M., Liu Y.-J., Bai J.-D. The Status of Wild Extinct Species *Elaphurus davidianus*. A successful ex situ conservation project in China for three decades. (Beijing Milu Ecological Research Centre, Beijing, P.R. China). Forum for

Law, Environment, Development and Governance (FLEDGE) Chennai, India, 2015. 17 p.

4. Curlewis J. D., Loudon A. S. I., Coleman A. P. M. Oestrous cycles and the breeding season of the Pere David's deer hind (*Elaphurus davidianus*). *J. Reprod. Fert.* 1988. Vol. 82. P. 119–126.
5. Kirkwood J. K., Gaskin C. D., Markham J. Perinatal mortality and birth season in captive wild ungulates. *Vet. Rec.* 1987. Vol. 120. P. 386–390.

УДК 591.638

**ВИВЧЕННЯ ПРЕІМАГІНАЛЬНИХ ФАЗ НА ПРИКЛАДІ
PIERIS BRASSICAE (LINNAEUS, 1758)**

Метельська І. С., Голіней Г. М., Прокop'як М. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: irametelska020@gmail.com

Лускокрилі, або Метелики – один із найрізноманітніших та найбільш насичених видовим різноманіттям ряд комах. Серед них зустрічаються вузькі ендеміки, реліктові види та космополіти. Загалом у світовій фауні описано більше 140000 видів з 107 родин. Слід відмітити, що значна кількість лускокрилих є шкідниками (близько 2000 видів), які завдають шкоди сільському та лісовому господарствам. Цей ряд поділяється на три підряди: рівнокрилі, щелепні та різнокрилі [1].

Вивчення метеликів на території України триває понад 200 років. У ХХІ ст. дослідження лускокрилих України спрямовані в основному на формуванні фауністичних списків окремих таксономічних груп із їхніми характеристиками та вивчення їх екології. Щороку поновлюються дані щодо їх поширення на території України (Канарський, 2007; Гордій, 2016; Капелюх, 2017; Шешурак та ін., 2017). Некрутенко Ю. П. – вчений, який вивчав денних метеликів, автор п'яти монографій та понад 150 статей, у яких описані дослідження щодо систематики та зоогеографії лускокрилих. Шелюшко Л. А. зібрав одну з найбільших у світі колекцій цих комах. На основі своїх і чужих наукових експедицій він описав десятки нових видів та підвидів

[3].

Дослідження морфологічних та біологічних аспектів преімагінальних стадій розвитку метеликів дозволяють вивчати різні особливості їхньої біології. Наприклад, аналізуючи яйця комах можна вивчити їхню будову, форму, забарвлення і місце прикріплення на рослинах, а також особливості пристосування до умов навколишнього середовища. Досліджуючи комахи на стадії личинки необхідно проаналізувати рослини, які є кормовими для них; вивчити характер пошкоджень цих рослин й тривалість перебування на них, а також адаптації личинок до умов середовища (наприклад, захисне маскування та мімікрія). На стадії лялечки досліджують структурні зміни, що відбуваються під час перетворення з личинки у лялечку, вивчають її будову, тривалість переходу з однієї стадії на іншу, а також вплив абіотичних факторів (світло, склад атмосферного повітря, температура, вологість й ін.) на цей процес.

Метою нашого дослідження є вивчення особливостей преімагінальних фаз лускокрилих на прикладі *Pieris brassicae*.

Матеріалом для дослідження були яйця та лялечка білана капустиного *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758), які були знайдені на стіні будівлі.

Білан капустиний *P. brassicae* належить до роду *Pieris*, підродини Біланові Pierinae, родини Pieridae, надродини Papilionoidea, ряду Метелики, або Лускокрилі Lepidoptera [4]. Родина білани *Pieridae* налічує приблизно 1000 видів, з яких 24 зустрічаються на території України. Метелики зазвичай з білими або жовтими крилами з чорним рисунком, середні або великі за розмірами. У них добре розвинені передні ноги (на відміну від німфалід у яких передні кінцівки вкорочені), що відрізняє їх від інших денних метеликів. Лапки 5-членикові з 2-ма кігтикками.

Весною можна помітити одного з перших метеликів – цитринця *Gonepteryx rhamni*. Поширеним представником родини є білан жилкуватий *Aporia crataegi*. Городні білани: білан капустиний *P. brassicae*, білан ріпаковий *Pieris rapae* і білан брукв'яний *Pieris napi* розвиваються на хрестоцвітих культурах і завдають значної шкоди сільськогосподарським рослинам. Дещо пізніше з'являється зоряниця Аврора *Anthocharis cardamines* з яскраво вираженим статевим диморфізмом. Дуже різноманітне і

яскраве забарвлення мають тропічні види біланів.

Гусениці великі або середнього розміру (40–70 мм завдовжки); поверхня тіла вкрита густими короткими волосками. Лялечки світло-забарвлені, сіро- або зеленувато-білі, до субстрату прикріплюються шовковим пояском, який вони виділяють.

Метелики надають перевагу відкритим просторам: полям, лісовим галявинам, степам, лукам та ін. Їх нерідко можна зустріти на берегах річок, або у вологих місцях, де вони вгамовують спрагу. Літ метеликів триває з початку квітня до кінця вересня, зазвичай у двох-трьох поколіннях.

Білан капустяний трапляється повсюдно і завдає шкоди різним овочевим культурам (капуста, ріпак, редька, хрін, гірчиця та ін.). Розмах крил – від 55 до 60 мм. Відрізняється темним покриттям біля основи крил також чорною серпоподібною облямівкою на верхівці передніх крил. Самки мають дві круглі чорні плями з верхнього і нижнього боків, у самців – з нижнього боку; задні крила мають сірувато-жовте забарвлення з густим чорним припорошенням. Яйце розміром 1,2 мм, лимонно-жовте з ребристою структурою. Личинка має жовтувато-зелений колір, завдовжки 40–50 мм, із темно-бурими щитками та жовтими смугами по боках тіла, світлою смугою вздовж спини. Лялечка розміром 30–35 мм, жовтувато-зелена із численними чорними крапками [2, 3].

Під час літньої навчальної практики із зоології (безхребетні тварини) (червень 2023 р.) проведено дослідження життєвого циклу білана капустяного на двох стадіях розвитку: яйце та лялечка. Преімагінальним стадіям було створено необхідні умови для метаморфозу. У результаті ми мали можливість побачити вихід імаго. 15 серпня 2023 р. було знайдено лялечку білана капустяного на стіні будівлі у с. Верхівці Чортківського району Тернопільської області, поруч із якою також зафіксовані відкладені яйця, які були пустими. Розмір лялечки – 2,5 см. Однак виявилось, що лялечка була вже пошкодженою, що може бути пов'язано з різними факторами. Наші спостереження підтверджують, що на розвиток преімагінальних стадій метеликів впливають різноманітні зовнішні фактори, які відіграють ключову роль у регуляції чисельності виду в природі.

Отже, вивчення преімагінальних фаз комах відкриває широкі можливості не лише для поглиблення розуміння їхнього життєвого циклу, але й для аналізу біорізноманіття.

Список літератури

1. Бригадиренко В. В. Основи систематики комах : навч. посіб.. Дніпро : РВВ ДНУ, 2003. 204 с.
2. Морфологія, біологія шкідників овочевих культур та заходи боротьби з ними : навч. посіб. / І. М. Мринський [та ін.]; за ред. І. М. Мринського. Херсон : ОЛДІ-плюс, 2019. 332 с.
3. Некрутенко Ю., Чиколовець В. Денні метелики України. Київ : Видавництво Раєвського, 2005. 232 с.
4. UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network [public project & web application]. UkrBIN, Database on Biodiversity Information. URL: <https://ukrbn.com/> (дата звернення: 25.03.2024).

УДК 595.789

**ВИДИ ПІРОДИН MELITAEINAE ТА ARGYNNINAE В
ЕНТОМОЛОГІЧНИХ КОЛЕКЦІЯХ КАФЕДРИ БОТАНІКИ
ТА ЗООЛОГІЇ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ
ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА**

Ясько Н. М., Голіней Г. М., Прокop'як М. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: halyna.holiney@gmail.com

Представники ряду Лускокрилі (Lepidoptera) відіграють важливу роль в екосистемах, передусім як фітофаги й запилювачі. Вони є однією з найпомітніших у природі груп комах і мають особливе науково-пізнавальне та естетичне значення.

Родина Nymphalidae, за літературними джерелами, налічує близько 7200 видів, в Україні можна спостерігати близько 70 видів. Однією з діагностичних ознак цієї родини є вкорочена пара передніх ніг. За іншими характеристиками вони можуть бути різноманітними. Родина Сонцевики (Nymphalidae) представлена 7 підродинами: Libytheinae, Satyrinae, Apatyrinae, Limenitidinae,

Nymphalinae, Melitaeinae, Argynnninae [1].

Згідно з літературними даними підродина Melitaeinae в Україні представлена двома родами: *Euphydryas*, *Melitaea*, а підродина Argynnninae – п'ятьма: *Issoria*, *Argynnis*, *Brenthis*, *Clossiana*, *Boloria* [5].

Види метеликів цих підродин при польоті мають строкате забарвлення зовнішнього боку крил з поєднанням жовтогарячого або рудого кольору з чорним [3].

Деякі види потребують моніторингу чисельності, аналізу їх поширення на маловивчених територіях і вивчення видового різноманіття, що на сьогодні є актуальним.

Метою дослідження є аналіз видового різноманіття підродин Рябці (Melitaeinae) і Підсрібники (Argynnninae) в ентомологічних колекціях кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

Рябці (Melitaeinae) – підродина денних метеликів родини Nymphalidae. У світі відомо близько 300 видів рябців, які поширені по всьому світу, крім Австралії та Антарктиди. Вони характеризуються різноманітним забарвленням крил та великими розмірами, які можуть досягати 50–100 мм. Рябці по малюнку верхньої сторони крил нагадують перламутрівок, з тією різницею, що загальне тло зазвичай оранжево-червонуватих відтінків; крім того, на нижньому боці крил у них немає сріблястих плям; вони дрібніші. Рябці живуть в різних середовищах, включаючи ліси, степи, гори та пустелі. Їхні личинки живляться листям різних рослин.

Підсрібники (Argynnninae) – це підродина денних метеликів родини Nymphalidae. Вона містить понад 400 видів, які поширені в Європі, Азії та Північній Америці. Деякі види є ендеміками певних регіонів. Підсрібники є мігруючими метеликами, які можуть долати значні відстані. Їх легко впізнати за забарвленням крил, що відливають перламутровим блиском, і за сріблястими плямами (що і пояснює назву підродини) на нижній поверхні їхніх задніх крил; верх у них рудий або жовто-рудий з чорними плямами. Метелики у розмаху крил – 40–70 мм.

Личинки підсрібників живляться листям різних рослин. Їхні личинки живуть на рослинах, а дорослі метелики живляться

нектаром різних квітів. Деякі види підсрібників мають неприємний запах, який вони виділяють для захисту від хижаків. Підсрібники є важливими в екосистемах як запилювачі рослин. Деякі види є шкідниками сільськогосподарських культур, а деякі – об’єктом для колекціонування та дослідження у наукових цілях.

Нами опрацьовано колекційний матеріал щодо видового різноманіття комах із ряду Лускокрилі підродин Melitaeinae та Argynninae в ентомологічних колекціях кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка. У колекціях представлені як матеріали власних досліджень, так і матеріали, зібрані студентами під час навчальних практик, а також ентомологами-любителями, впродовж 2000–2020 рр. [1].

Підрахунок чисельності видів проведено в усіх ентомологічних колекціях, які наявні у фондах кафедри ботаніки та зоології. У лабораторних умовах за допомогою бінокулярного мікроскопа МБЦ-10 та сучасних визначників і інтернет-ресурсів проводили аналіз таксономічної належності ентомологічного матеріалу [2, 4, 5].

Проаналізувавши видовий склад лускокрилих у досліджених колекціях, виявлено з підродини Melitaeinae роду *Melitaea* вид рябець звичайний *Melitaea trivia* (3 особини). В Україні поширений майже повсюдно, крім Криму, Закарпаття та Карпат. Зустрічається локально, але численно у місцях існування. Найчастіше трапляється у лісовій і лісостеповій зонах на різноманітних сонячних трав’янистих місцях.

З підродини Argynninae – 24 особини, які належать до трьох родів: *Issoria*, *Argynnis* і *Brenthis*. Підродина Argynninae у колекціях представлена наступними видами.

Підсрібник Латонія *Issoria lathonia* (8 особин). На території України трапляється скрізь, у різних біотопах, на лісових галявинах, у південних районах в ярах, інколи в населених пунктах. У безлісних ділянках у степовій зоні немає.

Підсрібник великий, Пафія *Argynnis paphia* (6 особин). В Україні трапляється повсюдно, окрім безлісних районів на півдні степової зони. Зустріти його можна переважно на лісових галявинах та просіках, на півдні в ярах, іноді в населених пунктах.

Підсрібник Адиппа *Argynnis adippe* (8 особин). В Україні

поширений повсюдно за винятком південних безлісних ділянок степової зони. Побачити його можна переважно на лісових галявинах та просіках, на півдні в ярах, на степових схилах.

Перлівець таволжаний, Іно *Brenthis ino* (2 особини). В Україні поширений повсюдно, крім безлісних ділянок степової зони. Побачити можна на луках та лісових болотах.

Слід зазначити, що всі ідентифіковані нами види поширені повсюдно або локально на території України і населяють різноманітні відкриті й екотонні біотопи, луки, лісові узлісся, галявини і просіки, чагарники, а також сади та присадибні ділянки, парки і сквери, поля, пустирі й ін.

Список літератури

1. Голіней Г. М., Прокоп'як М. З., Пшеничняк О. В. Сучасний стан родини Nymphalidae (Insecta, Lepidoptera) в західних областях України. Наукові записки Державного природознавчого музею. Львів, 2022. Вип. 38. С. 229–234.
2. Канарський Ю. В. Визначник денних метеликів західних регіонів України. Lepidoptera: Zygaenoidea, Hesperioidea, Papilionoidea. Львів : Манускрипт. 2007. 112 с.
3. Некрутенко Ю., Чиколовець В. Денні метелики України. Київ : Видавництво Раєвського, 2005. 232 с.
4. GBIF | Global Biodiversity Information Facility. URL: <https://www.gbif.org/> (Last accessed: 01.03.2024).
5. Ukrainian Biodiversity Information Network. URL: <http://ukrbin.com/> (Last accessed: 01.03.2024).

УДК 57.04:575

MUTATION PROCESSES IN THE *DROSOPHILA MELANOGASTER* POPULATION UNDER THE ACTION OF TITANIUM NANOPARTICLES

Mekhed O.B., Yachna M. G., Tretyak O. P.

T. H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”

E-mail: mekhedolga@gmail.com

Nanoparticles are parts or materials that have a size on the nanometer scale (one billionth of five meters). These parts can have different shapes (spherical, curved, lamellar, etc.) and can be made of

different chemical materials (metals, oxides, polymers, composites, etc.). Nanoparticles are particles or materials with a size in nanometers, which gives them unique properties. They have a high potential for application in various spheres of human life, in particular in medicine, and they are effective [2]. However, it is important to demonstrate the toxic and mutagenic effect of some nanoparticles, which limits their effective use in medicine. For example, the mutagenic effect of nanoparticles of titanium, nickel and tadium requires additional research. Mutations, which are persistent changes in the genotype, pose certain challenges to potential but also carry evolutionary weight [3].

The purpose of our study was to study the dependence of quantitative indicators of mutations in the population of *D. melanogaster* on the action of titanium nanoparticles.

The experimental study of the mutagenic effect of titanium nanoparticles involved the selection of the most suitable test object, the determination of the composition of the living environment for the development of test organisms, as well as the development of the methodology and plan for conducting this study. A pure line of *D. melanogaster* of the Canton S line was chosen as a test object for the analysis of the mutagenic effect of the investigated nanoparticles. The corresponding population groups of test organisms represented the wild type of *D. melanogaster* with dominant manifestations of the main ones: body color, eye color, wing shape. The mentioned pure lines of *D. melanogaster* of the Canton S line were maintained on the basis of the Department of Biology of the Chernihiv Collegium National University named after T. G. Shevchenko. The experiment was conducted from June to December 2023. The study of the mutagenic effect of titanium nanoparticles was carried out separately for higher (0.01 g/cm³) and lower (0.001 g/cm³) concentrations. Approximately 650 sexually mature *D. melanogaster* plants of the Canton S line were used for the experiment. To analyze the characteristics of inheritance of mutational changes, mutation carriers were analyzed in the first and second generations.

Preliminary analysis of the identified mutations allows us to establish how certain concentrations of nanoparticles affect the ontogenesis of *D. melanogaster* individuals. It is worth noting that the mutagenic effect of different concentrations can be different, and in

some cases it may not even be. We consider the features of these mutations among individuals of *D. melanogaster* in different generations in more detail. As before, the control group was separated to distinguish mutational changes from modification ones. The absence of changes in the phenotype of *D. melanogaster* individuals of the first and second generations of the virus indicates that the detected phenotypic changes are caused by the mutagenic effects of nanoparticles themselves, and not by other environmental factors [4]. The hereditary nature of these changes is confirmed by similar changes in different generations. Considering the specific phenotypic manifestations of individual mutations, it can be noted that the mutagenic effect of titanium nanoparticles is manifested, in particular, in the reduction of the size of the wings, the increase in the length of the proboscis, and the appearance of additional antennae.

The obtained data on the excellent number of individuals of different conditions in the first and second generations under the influence of the analyzed concentrations of the tested titanium nanoparticles were subjected to statistical methods. The use of the non-parametric Mann-Whitney U-test confirmed that the number of individuals of different sexes in the first and second generations is statistically different under the influence of titanium nanoparticles in concentrations of 0.01 g/cm³ and 0.001 g/cm³.

To distinguish mutational changes from modification ones, we separately analyzed the control group, in which the development medium did not contain the studied nanoparticles [1]. Detection of white mutations in individuals of the first and second generations in the control group of diseases about the hereditary nature of other changes that were expressed in individuals that developed in the presence of the studied nanoparticles [5]. Also, a significant deviation was found in the ratio of individuals of different conditions in the experimental groups from a statistically significant disease about the possible lethal effect of mutations that arose as a result of the presence of the studied nanoparticles in the environment, on individuals of a certain condition (in our case, male).

The processing of the results of the practical research made it possible to note a number of features. The absence of mutations in individuals of the first and second generations of the control group testifies to the hereditary (mutational) nature of other detected changes

in individuals whose development occurred under the conditions of the effect of the studied nanoparticles. The detected significant deviation of the ratio of individuals of different sexes in the experimental groups from the statistically reliable one indicates the possible lethal effect of mutations caused by the presence of the studied nanoparticles in the environment on individuals of a certain gender (in our case, male). Titanium particles have the greatest mutagenic effect among the studied nanoparticles (mutations are detected if even small concentrations of the corresponding nanoparticles are present in the development environment).

References

1. Любчикова Д. Р., Яценко А. В. Дослідження мутацій у *Drosophila melanogaster*, що виникають за дії наночастинок Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2022) : III Міжнародна науково-практична конференція (м. Чернігів, 20 грудня 2022 р.) : тези доповідей – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. С 26
2. Мехед О. Б. Біотехнологічні аспекти одержання та безпеки використання наночастинок металів. Біологічні дослідження – 2023: Збірник наукових праць. Житомир, 2023. С. 143-145
3. Нагорний П., Мехед О. Вплив наночастинок ніколю, силіцію та титану на показники індукованих мутацій в популяції *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830. Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату. VII Міжнародна наукова конференція: програма, тези доповідей (Україна, Чернігів, 27 – 29 вересня 2023 р.). Чернігів : Десна-Поліграф. 2023. С. 94-95
4. Селівон М. В., Мехед О. Б., Третяк О. П. Вплив похідних імідазоазепінію на біологічні показники *DROSOPHILA MELANOGASTER*. Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективирозвитку: Збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичноїконференції. Вінниця : ФОРМ Корзун Д.Ю., 2012. С. 179 -181
5. Yaschenko A., Yachna M., Mekhed O., Tretyak O. Influence of nanoparticles (Ti, Ni, Si) on indicators of induced mutations of *Drosophila melanogaster*. ВНТ:Biota.Human.Technology, 2023. No1, P.34-40

**NEW GREGARINES SPECIES (APICOMPLEXA:
EUGREGARINIDA) OF DARKLING BEETLES IN STEPPE
DNIPRO REGION.**

Nazimov S. S.

Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University
E-mail: sergdnipro@gmail.com

Gregarines (Gregarinasina: Apicomplexa) are unicellular organisms that live in the body cavities of numerous aquatic and terrestrial invertebrates, primarily in their digestive systems. The nature of the relationship between gregarines and their hosts is still not fully understood: some researchers consider them parasites that put pressure on the host population, while others define them as endobionts [1]. This issue still requires further research. Today, the scientific literature focuses primarily on faunal studies of gregarines. There are numerous references to gregarines, known from millipedes, ground and darkling beetles, dragonflies, crickets, cockroaches, crustaceans, earthworms, mollusks, echinoderms and other terrestrial, freshwater and marine organisms [2].

Compared to other parts of the world, data on the gregarine fauna of Ukraine is rather fragmentary. Since a significant part of our country is located within the steppe and forest-steppe zones, the darkling beetles (Tenebrionidae: Coleoptera) play a significant role in its entomofauna. There are numerous evidences of gregarines living in the body of beetles from this family, and some gregarine families (e.g. Stylocephalidae) are known only from darkling beetles. Gregarines are found in the digestive tracts of dozens of species of darkling beetles living in Southern, Western and Central Europe, Asia Minor and Central Asia, the Hindustan Peninsula, Indochina and the New World. As for Eastern Europe, there are only a few references from Bulgaria, and most Eastern European gregarines have been described from the entrails of ground beetles [3].

The lack of data on gregarines from the Ukrainian fauna actually prompted us to conduct the relevant research. The aim of our work was to identify the gregarine fauna that inhabit the digestive tract of the most common darkling beetles in the Steppe Dnipro region. The beetles were caught using ground traps, and the gut contents were

examined under a microscope. The identification of unicellular species was carried out according to standard morphological methods of Geus and Clopton [4].

The study involved 8 species of darkling beetles from 6 tribes, of which 7 species of gregarines from 3 families were recorded. One species was found from the Actinocephalidae family - *Steinina diaperis*, and 2 species from the Gregarinidae family - *Gregarina ormierei* and *Gregarina ovoidea*. Three more species belonged to the family Stylocephalidae, namely *Stylocephalus longicollis*, *Stylocephalus oblongatus* and *Sphaerorhynchus cf. hamoni*.

It is known that a certain species of gregarine usually lives in more than one host species, which was confirmed by our research. All of the species we identified have been recorded in the darkling beetles, but we are expanding the list of their hosts for *G. ovoidea* (*Asida lutosa*), *S. gigas* (*Asida lutosa* and *Opatrum sabulosum*), *S. longicollis* (*Gnaptor spinimanus*) and *S. oblongatus* (*A. lutosa*, *Oodescelis melas* and *Pimelia subglobosa*). Our results indicate a significant species diversity of gregarines that mecate in the body cavities of darkling beetles in the Steppe Dnipro region. This correlates with the fact that steppe and other arid conditions favourable for the life of the darkling beetles are predominantly rich in gregarine fauna, which is explained by the number and diversity of hosts. For example, in the extremely arid conditions of the Atacama Desert, gregarines of the family Stylocephalidae are quite diverse [5]. However, it is obvious that the recorded species are only the "tip of the iceberg" and the fauna gregarines of darkling beetles in the region and insects in general will be much larger. This multifaceted and rewarding topic undoubtedly requires further research.

References

1. Wolz M., Schrader A., Whitelaw E., Müller C. Gregarines modulate insect responses to sublethal insecticide residues. *Oecologia*. 2022. Vol. 198. P. 255–65.
2. Golemansky V. Checklist of gregarines (Apicomplexa: Eugregarinorida and Neogregarinorida) from Bulgaria. *Acta Zool. Bulg.* 2015. Vol. 67. P. 149–57.
3. Schrével J., Valigurová A., Prensier G., Chambouvet A., Florent I., Guillou L. Ultrastructure of *Selenidium pendula*, the Type Species of Archigregarines, and Phylogenetic

- Relations to Other Marine Apicomplexa. *Protistology*. 2016. Vol. 167. P. 339–68.
4. Clopton R. The Gregarines: A generic level review. *Protozoa*. 2002. Vol. 94. P. 205–88.
 5. Nitsche F., Carduck S., Ameln J., Mach N., Dorador C., Predel R., et al. Gregarines from darkling beetles of the Atacama Desert. *Eur. J. Protistol.* 2023. Vol. 90. P. 1–11.

РОЗДІЛ 3

АНАТОМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ

УДК 641.1:664

БРУСНИЦЯ І ЖУРАВЛИНА ЯК ДЖЕРЕЛО ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН У ХАРЧУВАННІ ЛЮДИНИ

Бомба М.Я., Федина Л.О.

Львівський національний університет імені Івана Франка
E- mail: mirbomba55@gmail.com, lofedyna@gmail.com

В останні десятиліття широкий загал науковців у країнах світової спільноти багато уваги приділяють використанню нетрадиційної сировини рослинного походження у технологіях приготування харчових продуктів із оздоровчим ефектом дії, які в умовах погіршення екологічного стану довкілля є вкрай життєво необхідними для нинішньої цивілізації. [1].

Сучасна медицина продемонструвала багато потенційних переваг для здоров'я людини ягід дикорослих рослин, які є джерелом вітамінів, макро – і мікроелементів, антиоксидантів, органічних кислот та інших біологічно активних речовин тощо. Корінні народи багато століть використовували ягоди не лише як їжу. Вони передали знання про медичне використання плодів, листя і коріння цих рослин. Відтак питання збільшення виробництва харчових продуктів на основі цієї сировини, поліпшення їхніх смакових характеристик та харчової цінності, є надзвичайно актуальним[2].

У цьому контексті розробка технологій харчової продукції, в основу яких покладено інноваційні процеси формоутворення, методи внесення субстанцій функціональних інгредієнтів, контрольований перебіг гомеостазу та моніторинг її впливу на організм людини заслуговує на увагу. В якості дослідницького матеріалу, що широко використовується у медицині та харчовій промисловості України, взято ягоди брусниці і журавлини.

Брусниця (*Vaccinium vitis – idaea* L.), родина Брусничні – *Vacciniaceae*, в Україні росте на Поліссі, Карпатах, зрідка на півночі Лісостепу, переважно у хвойних та змішаних лісах. Ягоди брусниці містять надзвичайно важливі для організму людини

специфічні органічні сполуки. Там є близько 6 % цукру, багато вітамінів (зокрема аскорбінової кислоти), пектинові, дубильні та мінеральні сполуки, останні представлені магнієм, натрієм, калієм, фосфором, залізом, кальцієм, марганцем та ін. елементами. Брусницю вважають «суперфруктом», оскільки вона особливо багата на антиоксиданти, вітаміни С, А та Е (токоферол) і поліфеноли [3], що дає підставу стверджувати щодо доцільності її використання у технології виробництва продуктів функціонального, профілактичного та лікувального призначення.

Журавлина болотна (*Oxycoccus palustris*) росте в Україні росте на Поліссі, в Карпатах, на Прикарпатті на болотах, у заболочених соснових та мішаних лісах[4]. Ягоди журавлини є унікальними за хімічним складом, вони містять (на 100 г продукту): вітаміни – В1 (тіамін) 0,02 мг, В2 (рибофлавін) 0,02 мг, В3 (пантотенова кислота) 0,30 мг, В6 (піридоксин) 0,08 мг, В9 (фолієва кислота) 1 мкг, РР (нікотинова кислота) 0,4 мг, С (аскорбінова кислота) 15,0 мг, Е (токоферол) 1,0 мг; макро- та мікроелементи – кальцій 14 мг, магній 15 мг, натрій 1 мг, калій 119 мг, фосфор 11 мг та залізо 0,6 мг; органічні кислоти – лимонну, хінну, бензойну; фенол, бетаїн, танін, пектинові й дубильні речовини, харчові волокна, катехіни, антоціани [2]. Для організму людини журавлина є надзвичайно корисним продуктом харчування. Вона має профілактичну та лікувальну дію. Покращує кровообіг в організмі, сприяє підтримці зору, володіє захисною функцією від ракових захворювань і молочних залоз, попереджає виникнення виразкової хвороби, захищає нирки від появи каменів, зберігає здоров'я серця, виводить холестерин, допомагає боротися з хворобами інфекційного характеру. Речовини, що містяться в ягодах, а саме: пектинові речовини, целюлоза, клітковина, сприяють поліпшенню роботи органів травлення. Як бачимо, журавлина є неменш цінною рослиною, плоди якої можна також використовувати для розширення асортименту страв із оздоровчими левстивостями.

Поряд із високою харчовою і лікувальною цінністю ягід брусниці і журавлини необхідно враховувати й екологічний стан місця зростання цих рослин. Як вказують дослідники Польщі, набагато вищі концентрації Cd, Pb, Zn і Fe були виявлені у *V. myrtillus* і *V. vitis-idaea*, вирощених на найбільш забрудненій

ділянці (розташованій поблизу цинкового заводу) порівняно з більш чистими територіями [5].

Експериментальні дослідження вмісту есенціальних та токсичних елементів у ягодах рослин проводились фізико-хімічними методами, а саме вміст арсену – фотометрично (ДСТУ ISO 6634:2005), вміст цинку, міді, мангану, кобальту, нікелю, свинцю та кадмію – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ДСТУ EN 14082:2019). Всього було проаналізовано по 3 зразки ягід (з кожної рослини), які зібрані у Карпатському регіоні Львівщини. Дані вимірювань представляли як середнє значення у перерахунку на свіжу рослинну сировину та зазначали сумарну розширену невизначеність результату в абсолютних одиницях (коефіцієнт охоплення рівний 2).

Відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України № 1073 від 03.09.2017 року, добова потреба дорослого населення у мінеральних речовинах, а саме – цинку становить 10-12 мг в залежності від статі людини, міді – 1,0 мг і мангану – 2,0 мг. Як свідчать наші дослідження накопичення цих мікроелементів у брусниці і журавлині дуже різняться. Зокрема, у ягодах цих рослин (мг/кг) було: цинку – 3,11 (0,78) і 0,7 (0,18), міді – 3,43 (0,86) і 0,37 (0,09), мангану – 21,9 (5,5) і 8,5 (2,13), відповідно у брусниці і журавлині. Порівнюючи отримані дані з наведеними цифрами слід сказати, що вміст есенціальних мікроелементів у брусниці в рази вищий ніж у журавлині: цинку – приблизно у чотири рази, міді – у дев'ять разів та мангану – більше, ніж у два рази. Попри те і брусниця і журавлина виявилися потужним джерелом міді та мангану.

Необхідно зауважити, що ягоди брусниці і журавлини класифікуються як дієтична добавка, а саме, як харчовий продукт, який споживається як доповнення до звичайного харчового раціону окремо або в комбінації з іншими харчовими продуктами. Вимогами наказу МОЗ України у дієтичних добавках регламентується допустимий вміст свинцю (на рівні 3,0 мг/кг) та кадмію (на рівні 1,0 мг/кг). Отримані рівні вмісту цих елементів у досліджуваних зразках вказують на відсутність небезпеки щодо споживання даних ягід. Сліди незначного накопичення кадмію у ягодах журавлини простежувалося на рівні 0,23 (0,06) мг/кг і нікелю – 0,97 (0,24) мг/кг у брусниці та

0,10 (0,025) мг/кг у журавлини.

Таким чином, можна стверджувати, що ягоди брусниці і журавлини мають цінні споживчі властивості, не схильні до накопичування токсичних речовин і є цінним природним інгредієнтом для виробництва оздоровчих продуктів харчування. Разом з тим, необхідними є наукові дослідження для з'ясування подальшого використання нетрадиційної рослинної сировини Карпатського регіону у харчуванні людини, оскільки цінні властивості їх видового розмаїття ще не сповна є розкритими, а відтак ще будуть вивчатися не одним поколінням учених і народних цілителів.

Список літератури

1. Jackson S., Prine L. Wilde Plants of Central North America for Food and Medicine. *Winnipeg : Peguis Publishers Ltd.*, 1978. 78 p.
2. Хомич Г.П. Плоди дикорослої сировини – джерело біологічно активних речовин для харчових продуктів. Наукові праці ОНАХТ. 2009. Т. 2. Вип. 36. С. 186-190.
3. Szakiel, A.; Paćzkowski, C.; Koivuniemi, H.; Huttunen, S. Comparison of the Triterpenoid Content of Berries and Leaves of Lingonberry *Vaccinium vitis-idaea* from Finland and Poland. *J. Agric. Food Chem.* 2012. Vol. 60, P. 4994–5002.
4. Гладун Я. Д. Лікарські рослини Прикарпаття. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. 164 с.
5. Marta Kandziora-Ciupa, Aleksandra Nadgórska-Socha, Gabriela Barczyk, Ryszard Ciepa. Bioaccumulation of heavy metals and ecophysiological responses to heavy metal stress in selected populations of *Vaccinium myrtillus* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L. *Ecotoxicology.* 2017. Vol.26. P.966-980.

УДК: 611.018 (092) (477.84)

ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ

Волошин О.С., Ванкевич А.П., Гуменюк Г.Б.

Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

E-mail: voloshyn@tnpu.edu.ua

Дослідження функціонального стану серцево-судинної системи залишається актуальним з ряду вагомих причин. Від рівня працездатності серця і судин залежить ефективність процесів метаболізму, якість гуморальної регуляторної функції, здатність організму здійснювати реакції імунного захисту та багато інших. Характеристика роботи серцево-судинної системи є чутливим індикатором адаптаційних можливостей організму і показником ефективності взаємодії з середовищем [1].

Водночас, як вказує медична статистика, залишається стабільно високим рівень захворюваності органів системи кровообігу як загалом у світі, так і в Україні. Це стосується таких захворювань, як артеріальна гіпертензія, атеросклероз, інфаркт міокарда, варикозна хвороба. Подібні захворювання істотно знижують працездатність організму, можуть призводити до інвалідності або летального результату. Слід зауважити, що в багатьох випадках подібних негативних наслідків можна було б уникнути або знизити рівень їх прояву за умови щадного відношення до свого здоров'я і свідомого дотримання здорового способу життя. Зазначене є причиною для активної роз'яснювальної профілактичної роботи, особливо з молоддю.

Окремої уваги заслуговує дослідження функціонального стану системи кровообігу в осіб юнацького віку, зокрема, аналіз ефективності функціонування серцево-судинної системи, її здатності до саморегуляції, реакції на стрес [2]. Сучасна молодь формується за істотних змін умов життя: зменшення рухової активності, тривалості сну, зростання психо-емоційного і розумового навантаження. Ці фактори здатні призводити до розвитку порушень у соматичному здоров'ї молоді. Студенти належать до вразливої категорії, оскільки зазнають впливу значного підвищення навчальних вимог, розумового та

емоційного навантаження порівняно з періодом навчання в школі. Під час відпочинку особи юнацького віку також схильні до надмірного використання гаджетів, що сприяє гіподинамії, порушенню функції зору, розвитку змін в опорно-руховому апараті та цілому ряду відхилень у соматичному здоров'ї молодій людини [3, 5].

Метою роботи було дослідити ряд функціональних показників серцево-судинної системи осіб юнацького віку з різним рівнем працездатності. Аналізували показники індексу Робінсона, індексу Руф'є, вплив дозованого фізичного навантаження на частоту серцевих скорочень і показники артеріального тиску систолічного, артеріального тиску діастолічного, вивчали рівень адаптаційного потенціалу організму за методикою Баєвського.

За результатами обстежень у 21,42 % осіб юнацького віку відзначено відмінний рівень індексу Робінсона. Такий показник є свідченням оптимального гемодинамічного навантаження і достатніх аеробних можливостей цієї групи обстежених. В 41,07 % осіб показники індексу Робінсона відповідали хорошему рівню і в 37,50 % - середньому рівню, що свідчить про порівняно нижчий рівень енергопотенціалу організму і економізації серцево-судинної діяльності [4].

Аналіз показників гемодинаміки виявив, що значення систолічного артеріального тиску крові в осіб з відмінним рівнем індексу Робінсона склало $110,26 \pm 5,34$ мм рт.ст. Це менше відносно відповідних показників 2-ої і 3-ої груп на $2,15 \pm 0,05$ % і $4,12 \pm 0,12$ %. Значення діастолічного артеріального тиску в обстежених 1-ої групи склало $67,5 \pm 4,29$ мм рт.ст., що на $8,25 \pm 0,22$ % і $9,21 \pm 0,40$ % нижче аналогічного показника обстежених 2-ої і 3-ої груп ($p < 0,05$).

Дослідження рівня адаптаційного потенціалу за Баєвським показало оптимальні значення в осіб з вищим рівнем працездатності серця - $2,15 \pm 0,07$ у.о. В осіб із хорошим і середнім рівнями функціональних резервів серця цей показник становив відповідно: $2,47 \pm 0,13$ і $2,52 \pm 0,11$ у.о. Результати свідчать, що задовільний рівень адаптації властивий переважно обстеженим з відмінним рівнем індексу Руф'є, тоді як серед осіб 2-ої і 3-ої груп переважають особи з незначною напругою механізмів адаптації.

Важливим фактом є відсутність осіб з ознаками незадовільної адаптації або зриву адаптації.

В стані спокою в осіб 1-ої групи ЧСС склала $81,2 \pm 8,14$ уд/хв. В обстежених 2-ої групи показник ЧСС був вищим – $85,0 \pm 10,49$ уд/хв, 3-ої групи - $87,0 \pm 9,61$ уд/хв. Отримані дані свідчать про нормальний рівень ефективності роботи серцево-судинної системи з тенденцією до вищого значення ЧСС в осіб з меншим рівнем функціональних резервів серця.

Слід відзначити, що в 3-ій групі осіб із задовільним рівнем працездатності серця після фізичного навантаження ЧСС істотно зростала – $134,2 \pm 18,87$ уд/хв порівняно з особами 1-ої групи, в яких цей показник становив $120,6 \pm 19,29$ уд/хв. Дослідження впливу фізичного навантаження на артеріальний тиск показало, що в осіб 1-ої групи зміни були не суттєвими, в 2-ої групи показник систолічного тиску збільшився на 17,0% і становив $143,73 \pm 7,41$ мм рт.ст, а діастолічного зменшився на 14,65% і склав – $62,36 \pm 5,82$ мм рт.ст порівняно з показниками в стані спокою. В 3-ій групі осіб показник систолічного тиску склав $148,88 \pm 5,48$ мм рт.ст (збільшився на 18,9%), а діастолічного – $69,51 \pm 15,2$ мм рт.ст. (зменшився на 5,7%) ($p < 0,05$).

Отже, за результатами дослідження функціональних показників серцево-судинної системи оптимальний рівень гемодинамічного навантаження і вищий рівень енергопотенціалу спостерігали в осіб 1-ої групи з високим рівнем працездатності серця. В обстежених 2-ої і 3-ої груп з хорошим і середнім рівнями працездатності аеробні можливості організму є меншими, а рівень економізації серцево-судинної діяльності нижчий, хоча знаходиться в межах фізіологічної норми. Після фізичного навантаження спостерігали адаптаційну реакцію серцево-судинної системи нормотонічного типу у вигляді підвищення систолічного і зниження діастолічного артеріального тиску, що можна розцінювати як належний ступінь реактивності серця і периферичних судин на фізичне навантаження в осіб юнацького віку.

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. Волошин О.С., Гуменюк Г.Б., Волошин В.Д., Сморщок Ю.С. Оцінка адаптаційних можливостей осіб юнацького віку з різним рівнем ефективності функціонування серця. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2022. № 4. С. 83-88.
 3. Коц С.М., Коц В.П. Дослідження функціонального стану організму студентів. *Біологія та валеологія*. Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. 2015. Вип. 17. С.78-84.
 4. Крючко І. О., Петросян Л. І., Стенцель Й. І. Дослідження функціонального стану серцево-судинної системи організму людини. *Технологія-2016 : матеріали міжнар.наук.-техн. конф.* (22-23 квіт. 2016 р., м. Сєверодонецьк). Ч. II. Сєверодонецьк: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. 2016. С.125-128.
 5. Пластунов Б.А., Ковалів М.О. Функціональний стан серцево-судинної системи першокурсників. *Буковинський медичний вісник*. 2015. Том 19, № 1 (73). С.237-246.

УДК: 611.018 (092) (477.84)

ВИКОРИСТАННЯ МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ СТОВБУРОВИХ КЛІТИН З МЕТОЮ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕПАРАТИВНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ

¹Волошин О.С., ²Сморщок Ю.С., ²Волошин В.Д.,
¹Гуменюк Г.Б.

¹Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

²Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського

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

Актуальність дослідження механізмів репаративної регенерації пов'язана зі значним відсотком випадків травматизму серед населення. Травми, в залежності від глибини і характеру, здатні призводити до обмеження рівня працездатності, виникнення інвалідності або летальних результатів серед постраждалих. Саме тому важливим напрямом сучасних досліджень є аналіз механізмів відновлення тканинних структур

та їх регуляції, а також розробка способів стимуляції процесів репаративної регенерації.

Слід відзначити, що традиційно високим залишається відсоток травматичних ушкоджень шкіри. В цьому контексті питання дослідження структурних основ репаративної регенерації і можливих способів їх стимуляції пов'язані з дослідженням ангиогенезу, процесів розмноження і міграції клітин, ремоделювання міжклітинного матриксу в травмованих ділянках, відновлення епітелізації рани.

Загоєння рани відбувається згідно генетично обумовлених механізмів і за нормальних умов завершується відновленням тканин в попередньому вигляді. Порушити цей процес можуть відхилення у роботі імунної системи, хронічне запалення, ряд інших чинників. Як результат – можливе виникнення рубців і розвиток патологічного фіброзу. Перспективним способом покращення перебігу загоєння ран і попередження розвитку рубців є використання мезенхімальних стовбурових клітин (МСК). Характерною особливістю МСК є висока здатність до відновлення, яка зберігається і в їх похідних - екзосомах. Мезенхімальні стовбурові клітини та екзосоми контролюють процес запалення, регулюють активність фібробластів, стимулюють утворення колагену, сприяють ангиогенезу та процесам епітелізації рани [5].

Як відомо, найпоширенішою причиною значних за площею і глибиною ран шкіри є опіки. Опіки такого характеру можуть викликати розвиток опікової хвороби, що супроводжується високим ступенем інтоксикації організму. Використання мезенхімальних стовбурових клітин, без сумніву, є перспективним методом лікування подібних опіків. При цьому МСК розміщують в біоматеріалі, яким вкривають поверхню рани. Результати досліджень вказують на позитивний ефект використання МСК, засіяних в біорозкладний гібридний гідрогель (ACgel), синтезований з ненасиченого полієфіраміду на основі аргініну (UArg-PEA) і похідного хітозану. Мезенхімальні стовбурові клітини в структурі гідрогелю сприяли ангиогенезу опікових ран, утворенню грануляційної тканини та реепітелізації, знижували вміст запальних цитокінів [1].

Глибокі травми шкіри можуть призводити до утворення

патологічних рубців – гіпертрофічних або келоїдних. Такого типу рубці прийнято розглядати як порушення нормального перебігу репаративної регенерації і надмірного відкладення компонентів позаклітинної речовини. У патофізіологічному процесі утворення гіпертрофічних або келоїдних рубців важливу роль відіграють міофібробласти. Міофібробласти є ефекторними клітинами, переважно диференційованими від фібробластів. Крім цього, у процесі формування подібних рубців беруть участь ряд факторів росту і медіатори запалення. Сучасні фундаментальні та клінічні дослідження механізмів формування патологічних рубців спрямовані на розвиток різноманітних ефективних методів їх лікування. Дослідники вказують на прогрес у вивченні молекулярних механізмів патологічних рубців і розробку доступних методів їх комплексної терапії [6].

Слід відзначити, що дуже важливу роль у процесах репаративної регенерації відіграє васкуляризація. Про відмінності у ефективності кровозабезпечення тканин під час формування нормальних і патологічних рубців свідчать дослідження з використанням методів стереологічного аналізу гіпертрофічних і келоїдних рубців, дермальних судин нормальної шкіри, нормальних рубців. Аналіз рівня дермальної васкуляризації в нормальній шкірі та в тканинах нормального рубця не показав відмінностей. Водночас у дермальній частині келоїдних і гіпертрофічних рубців кількість судин була більшою порівняно з нормальною шкірою, до того ж у гіпертрофічних рубцях судини істотно ширші відносно судин нормальної шкіри. Вищий ступінь васкуляризації спостерігали також у ретикулярній дермі в гіпертрофічних рубцях і келоїдах порівняно з нормальною шкірою. Водночас, не відзначено відмінностей в ступені васкуляризації між гіпертрофічними рубцями та келоїдними. Це дозволяє стверджувати, що надмірна васкуляризація може сприяти розвитку як гіпертрофічних, так і келоїдних рубців [2].

Є актуальною ще одна надзвичайно вагома проблема - створення замінників шкіри з відповідними морфологічними і фізіологічними характеристиками. Адже, згідно зі статистикою, залишається дуже високою кількість випадків травматизму, що призводять до істотних пошкоджень шкіри. В цьому контексті перспективними є дослідження плюрипотентних мезенхімальних

та епітеліальних клітин амніону, які можуть стати джерелом клітин, факторів росту, антибактеріальних пептидів, ангіомодулюючих білків. Створення нанокомпозитів на основі амніону, використання у тканинній інженерії методів модифікації поверхні і перехресного зшивання, використання амніотичних клітин сприятиме створенню ефективних заміників шкіри [4].

Список літератури

1. Alapure BV, Lu Y, He M, Chu CC, Peng H, Muhale F, Brewerton YL, Bunnell B, Hong S. Accelerate Healing of Severe Bum Wounds by Mouse Bone Marrow Mesenchymal Stem Cell- Seeded Biodegradable Hydrogel Scaffold Synthesized from Arginine-Based Poly(ester amide) and Chitosan. *Stem Cells Dev.* 2018 Dec 1 ;27(23): 1605-1620. doi: 10.1089/scd.2018.0106. Epub 2018 Oct 23. PMID: 30215325; PMCID: PMC6276600.
2. Amadeu T, Braune A, Mandarim-de-Lacerda C, Porto LC, Desmouhere A, Costa A. Vascularization pattern in hypertrophic scars and keloids: a stereological analysis. *Pathol Res Pract.* 2003; 199(7):469-73. doi: 10.1078/0344-0338-00447. PMID: 14521263.
3. Farhadihosseiniabadi B, Farahani M, Tayebi T, Jafari A, Biniazan F, Modaresifar K, Moravvej H, Bahrami S, Redl H, Tayebi L, Niknejad H. Amniotic membrane and its epithelial and mesenchymal stem cells as an appropriate source for skin tissue engineering and regenerative medicine. *Artif Cells Nanomed Biotechnol.* 2018;46(sup2):431-440. doi: 10.1080/21691401.2018.1458730. Epub 2018 Apr 24. PMID: 29687742.
4. Guillamat-Prats R. The Role of MSC in Wound Healing, Scarring and Regeneration. *Cells.* 2021 Jul 8;10(7):1729. doi: 10.3390/cells10071729. PMID: 34359898; PMCID: PMC8305394.
5. Lingzhi Z, Meirong L, Xiaobing F. Biological approaches for hypertrophic scars. *Int Wound J.* 2020 Apr;17(2):405-418. doi: 10.1111/iwj.13286. Epub 2019 Dec 20. PMID: 31860941; PMCID:

УДК 612.1-057.875:796.015.6

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ З ФУНКЦІОНАЛЬНИМ СТАНОМ СТУДЕНТІВ

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

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

E-mail: zaa2006@ukr.net

Серцево-судинні хвороби – головна причина смертності у світі. В Україні на них припадає майже 65% випадків усіх смертей, це один із найвищих показників [1]. У Комітеті з питань здоров'я нації, медичної допомоги та медичного страхування на засіданні «круглого столу» 29.09.2023 було наголошено, що Україна втрачає 450 тисяч своїх громадян щорічно [1]. Тому визначення стану серцево-судинної системи (ССС) у різних верст населення, особливо молоді, є актуальним. Навіть під час карантину у січні – червні 2021 року головною причиною смертності населення, наприклад в Чернігівській області, були хвороби системи кровообігу - 7523 особи; за той же період кількість померлих від наслідків зараження COVID-19 в нашій області – 881 (вірус ідентифікований) та 20 осіб (вірус не ідентифікований) [2]. Крім того, є випадки смерті професійних спортсменів на піку кар'єри, поясненням цього є синдром раптової смерті (СРС). Багато лікарів, науковців працюють над розкриттям причин і механізмів виникнення СРС в спорті, але ця проблема залишається не вирішеною й на сьогоднішній день. Однією з відповідей науковців є те, що ці захворювання мають генетичний характер, зокрема виділяють гіпертрофічну кардіоміопатію та різні аномалії коронарних артерій. Вони досить рідкісні та людині, яка має будь-яке з цих захворювань, заняття спортом протипоказане. Тоді виникає питання, хто дозволив займатися спортом такій дитині та чому вчасно не був поставлений діагноз. Для того, щоб займатися певним видом спорту діти обов'язково повинні пройти огляд у педіатра. Ще в 2009 році в Україні наказом МОЗ було затверджена процедура проведення щорічних оглядів учнів закладів середньої освіти і дошкільнят перед початком навчального року. Такі огляди

включають вимірювання стандартних параметрів учня: зріст, вага, артеріальний тиск, лабораторні аналізи, відвідування профільних лікарів та проведення проби Руф'є. Сьогодні можна зустріти фахівців, які стверджують, що проба Руф'є неактуальна і має похибки в результаті [3]. Непоодинокими є випадки, коли ця проба мала високі показники оцінки тестування, але водночас кардіолог і електрокардіограма серця не виявляли жодних порушень, або навпаки, дитина мала хронічне захворювання, яке мало пов'язане зі станом ССС, але отримувала найменше значення цього індексу та потрапляла до основної групи, тому що це єдиний тест, на підставі якого школярів розподіляють за трьома групами для уроків фізкультури: спеціальна, підготовча, основна.

З початком повномасштабного вторгнення ситуація із захворюваністю на серцево-судинні хвороби в Україні погіршилась. Відомі основні фактори ризику, що призводять до збільшення кількості серцево-судинних захворювань. В першу чергу, це дія стресових чинників, а також: артеріальні гіпертензії, підвищений рівень загального холестерину крові та його фракцій, високий рівень глюкози, незбалансоване харчування, надмірна вага, забруднене повітря, гіподинамія, тютюнопаління та інші. Треба створити систему дієвої профілактики цих ризиків, яке дозволить підвищити якість життя людей за рахунок зменшення кількості серцево-судинних хвороб.

Мета нашої роботи: дослідити взаємозв'язок показників серцево-судинної системи з функціональним станом студентів при виконанні фізичних навантажень. У дослідженні приймали участь 16 студенток та 10 студентів другого курсу факультету фізичного виховання. На початку обстеження у досліджуваних різної спортивної спеціалізації проводили підрахунок частоти серцевих скорочень (ЧСС) у спокою до стабілізації, а також вимірювали систолічний артеріальний тиск (САТ) та діастолічний артеріальний тиск (ДАТ). Далі студентам запропонували зробити 20 присідань (глибоких і швидких, у міру своїх можливостей за якомога менше часу), після чого протягом 10 сек. підраховували пульс і відразу ж визначали величину САТ та ДАТ. Розраховували ЧСС за 1 хв, визначали пульсовий тиск

(ПТ), систолічний (СО) і хвилинний об'ємі крові (ХОК) розрахунковим методом [4]. При цьому проба Мартіне-Кушелевського (20 присідань за 30 секунд) та проба Руф'є (30 присідань за 45 секунд) не проводилися, тому що аналізувалися показники ССС у молодих спортсменів, які займалися у дитячих спортивних школах, де під дією фізичного навантаження їх організм вже пройшов першу аварійну термінову фізіологічну стадію адаптації. Термінова адаптація на рівні нейрогуморальної регуляції реалізується інтенсивним збудженням кіркових, підкіркових і спинномозкових рухових центрів, але результатом є недостатньо координована рухова реакція. В цілому ця аварійна стадія характеризується максимальною по рівню виконання і неекономною гіперфункцією. Навчаючись на факультеті фізичного виховання, студенти продовжують на заняттях освоювати різні види спорту, спеціалізуючись в одному, тому часто повторюваний вплив фізичного навантаження призводить до збільшення інтенсивності функціонування структур (ІФС), тобто підвищена фізіологічна функція викликає активацію генетичного апарату, що супроводжується збільшенням синтезу нуклеїнових кислот і білків, які утворюють структури клітин, лімітуючи виконання функції. На перехідній та довготривалій стадіях адаптації активація синтезу білків у міокарді, дихальних та скелетних м'язах призводить до збільшення маси та потужності систем транспорту необхідних речовин та скорочення м'язів; відбувається виражена гіпертрофія надниркових залоз, скелетних, дихальних та серцевих м'язів, збільшення в них міоглобіну, креатинфосфату, глікогену, ферментів анаеробного та аеробного ресинтезу АТФ. Це призводить до збільшення потужності системи, тобто адаптаційні процеси вдосконалюють серцево-судинну систему молодих спортсменів. У всіх досліджуваних, як і очікувалось, після навантаження було збільшено значення: ЧСС, САТ, ПТ, ХОК, щодо ДАТ та СО були розбіжності. У більшості спортсменів показник СО теж був більшим, крім шести студенток, у яких він зменшився, причому частота серцевих скорочень до фізичного навантаження була в межах норми від 60 до 69. Відомо, що на стійкій довготривалій стадії адаптації маса органу (серця) збільшена до стабільного

рівня, величина ІФС, функціональний резерв – близькі до норми, тому зменшення систолічного об'єму крові у молодих спортсменок при навантаженні свідчить про функціональний збій ССС, крім того у них також збільшилась величина ДАТ. Це свідчить про те, що серцевий м'яз не зміг розслабитися в процесі виконання вправ, тому подальше збільшення фізичного навантаження може призвести до небажаних результатів. Після усного опитування (на суб'єктивну думку студенток) виявилось, що їх функціональний стан нестабільний. Тільки у шести студенток і семи студентів ДАТ був меншим після навантаження, як це і повинно бути, у інших відрізнявся в межах похибки. На основі отриманих результатів пропонуємо використовувати значення діастолічного тиску після фізичного навантаження (20 присідань), як тест перед тренуванням в субмаксимальній зоні навантаження.

Список літератури

1. https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/241863.html
2. Жиденко А., Паперник В. Використання рекреаційних ресурсів для відновлення здоров'я та фізичних сил людини, її працездатності. «Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату» : V Міжнар. наук. конф., тези доповідей, (Україна, Чернігів, 21 – 24 вересня, 2021 р.) Чернігів : Десна Поліграф, 2021. С. 48-49.
erpub.chnpu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/8130
3. <https://www.bsmu.edu.ua/blog/6040-test-ruf-e-perevagi-ta-nedoliki> .
4. Яновський І.І., Ужако П.В. Фізіологія людини і тварин. Практикум. К.: Вища школа, 1991. 175 с.

УДК 613.6

СТАН ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ ЗА ДІЇ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Жильцова Г.В.¹, Чень І.Б.², Середяк А.В.²

¹Медичний центр «Медівіт»

²Тернопільський національний педагогічний університеті імені Володимира Гнатюка

E-mail: iryachen35@gmail.com

Людина проводить на роботі значну частину свого життя, тому для її нормальної життєдіяльності в умовах виробництва повинні бути створені безпечні і нешкідливі умови праці. Однак, на багатьох підприємствах виробництво пов'язане з постійним впливом несприятливих факторів, що в результаті тривалої чи короткочасної дії можуть призвести до погіршення стану здоров'я працівників або до втрати ними працездатності [2-4]. Тому актуальним є питання створення безпечних і нешкідливих умов праці, недопущення нещасних випадків, а також проведення профілактики захворювань на будь-якому підприємстві.

Мета роботи – вивчити стан здоров'я працівників, які працюють в умовах впливу шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища. Для цього обстежено 140 працівників (119 осіб жіночої і 21 особа чоловічої статі) ТОВ «Ірена КО», що виготовляє скляні ялинкові іграшки. Вивчення стану здоров'я та структури захворюваності здійснювали за результатами медичного огляду працівників 2022 року, що проводився у медичному центрі «Медівіт» м. Тернопіль. Одержані цифрові дані обробляли за допомогою математично-статистичних методів.

За дією шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища працівники розділилися на 4 групи. У кожній групі має місце вплив сукупності виробничих факторів залежно від цеху і посади працівника. У першій групі – це пил, шум, мікроклімат, важкість. Решта груп відрізняється хімічними факторами. У другій групі – це ксиліл, ацетон, етилацетат; у третій групі – це свинець і цинку оксид, а у четвертій – азоту діоксин і вуглецю оксид. Найбільша кількість працівників, що

становить 58 % є у третій групі, 25 % працівників належить до першої групи, у четвертій і другій групах – 9% і 8% працівників відповідно.

Усі групи працівників проходили періодичний медичний огляд, за результатами якого у 52 осіб (49 жіночої і 3 чоловічої статі), що становить 37 % всіх працівників, виявлено загальні захворювання: порушення зору – 31%, порушення обміну речовин – 27%, серцево-судинні захворювання – 19%, захворювання травної системи – 8% та інші – 15%.

Серед порушень зору виявлено міопію, астигматизм і гіперметропію. Закономірності щодо однакових захворювань серцево-судинної чи травної систем не відзначалося. А от у групі порушення обміну речовин у всіх однакове захворювання – аліментарно-конституційне ожиріння – хронічне захворювання, що проявляється надлишковим накопиченням жирової тканини і є наслідком дисбалансу споживання і витрати енергії.

Потрібно відмітити, що робота в художньому цеху, де працюють розмалювальники по склу та в цеху з лакування і сріблення передбачає використання різних матеріалів, багато з яких є токсичним для людини. Це можуть бути фарби на різних основах, розчинники, лаки та інше, які негативно впливають на організм людини. Крім того, ця робота є малорухливою і монотонною, а також вимагає постійного напруження зору. Можливо, саме тому у 10 працівників художнього цеху виявлено порушення зору і у 11 працівників – аліментарно-конститутивне ожиріння, що становить 48 % і 61 % від всіх хворих з цими захворюваннями відповідно.

Враховуючи те, що здоров'я людини формується не тільки під впливом умов праці, але й залежить від генетичних і екологічних чинників, способу життя та якості медичної допомоги, ми провели подальший аналіз захворюваності в осіб жіночої статі у віковому аспекті. Відповідно до вікової періодизації за біологічними ознаками обстежені розподілися на три вікові групи наступним чином: 21-35 років – 25%, 36-55 років – 53 % і 56-74 роки – 22%.

У віковій групі 21-35 років домінують серцево-судинні захворювання і порушення зору, що становлять 36% і 29 % відповідно. Третє місце займають порушення обміну речовин. У

двох інших вікових групах найчастіше виявляються порушення зору (31% і 40 %) і порушення обміну речовин (29% і 26%). Після них у віковій категорії 36-55 років ідуть інші захворювання (вроджена вада правої вушної раковини, аномалія розвитку сечовивідної системи, вузловий зоб правої долі щитовидної залози, стан після резекції сегменту лівої нирки, епігастральна вправима грижа, а також сколіоз і кіфосколіоз хребта). У віковій групі 56-74 роки на третьому місці ідуть такі серцево-судинні захворювання, як синусова тахікардія та пролапс мітрального клапана. Слід зазначити, що в цій віковій категорії серед порушень зору найбільше представлена гіперметропія, що відповідає віковим особливостям органу зору.

Відомо, що медичні огляди є ефективним засобом раннього виявлення і своєчасного лікування захворювань [1]. Так, в результаті проведення медичного огляду у 12 осіб вперше виявлено захворювання, що становить 23 % загальної кількості захворювань. Розподіл вперше виявлених захворювань у працівників є таким: 50% – серцево-судинні захворювання, 22% порушення обміну речовин і по 14% порушення зору і інші. Всі працівники, у яких є захворювання, на кінець року перебували на диспансерному нагляді за місцем проживання, з них 5 осіб направлено на санаторно-курортне лікування.

Отже, у працівників ФОП «ІренаКО» професійних захворювань не виявлено, що може бути свідченням забезпечення належних умов праці, за яких вплив шкідливих та небезпечних речовин на організм людини є мінімальним. У 37 % працівників наявні загальні захворювання у тому числі 9% ті, у яких захворювання виявлені вперше. Найчастіше траплялися порушення зору (міопія, астигматизм, гіперметропія) (31%) і обміну речовин (аліментарно-конституційне ожиріння) (27%) та серцево-судинні захворювання (19%).

Список літератури

1. Актуальні проблеми діагностики та лікування професійних захворювань : навч. посіб. для лікарів / за ред. М. Г. Карнауха. Кривий Ріг, 2009. 128 с.
2. Горностаї О. Б. Розвиток професійних захворювань в Україні. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. № 23.16. С. 396-401.

3. Кундієв Ю. І., Нагорна А. М. Професійне здоров'я в Україні: епідеміологічний аналіз. Кривий Ріг : Авіцена, 2008. 316с.
4. Професійні хвороби: підручник / В. А. Капустник, І. Ф. Костюк, Г. О. Бондаренко та ін.; за ред. В. А. Капустника, І. Ф. Костюка. 5-е вид., випр. Київ : ВСВ «Медицина», 2017. 536 с.

УДК 579.61

**ОСОБЛИВОСТІ ЗБУДНИКІВ РЕЦЕДИВУЮЧОГО
ТОНЗИЛІТУ ТА ЇХНЯ ПРЕДИКТОРНА ЗДАТНІСТЬ
ДО ПЛІВКОУТВОРЕННЯ**

Кравець Н.Я., Климнюк С.І., Романюк Л.Б., Ткачук Н.І.

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

E-mail: natakravec7@gmail.com

Хронічний чи рецидивуючий тонзиліт спричиняє часті випадки запалення мигдалин, що суттєво впливає на якість життя пацієнта. У праці Абу Бакара [1] вказується на те що однією з причин рецидивуючої інфекції є утворення біоплівки мікроорганізмами у складках мигдалин. Формування біоплівки - це процес, при якому мікроорганізми не зворотно прикріплюються та ростуть на поверхні та виробляють позаклітинні полімери, що полегшують прикріплення та утворення матриксу, що призводить до зміни фенотипу мікроорганізмів щодо швидкості їх росту та транскрипції генів. Біоплівки продукують екзополімер, який фізично захищає бактеріальні клітини від специфічних і не специфічних факторів імунної системи, бактеріофагів, затримує та уповільнює проникнення антибіотиків, антисептичних, дезінфікуючих засобів. Біоплівкові інфекції погано реагують на стандартну терапію антибіотиками, а їхнє лікування є серйозною проблемою у клінічній практиці [3].

Мета. Дослідження ізолятів стафілокока, виділених від хворих з рецидивуючим тонзилітом, здатності до плівкоутворення.

Виділення і визначення ізолятів стафілокока отриманих від

42 пацієнтів з рецидивуючим тонзилітом, здійснювали за загально прийнятими методами у мікробіологічних дослідженнях. Ступінь вираженості плівкоутворення стафілококів визначали за показником оптичної щільності (ОЩ) [4]. Для візуалізації процесу плівкоутворення використовували культивування на покривних скельцях з оглядом під світловим мікроскопом.

Результати дослідження на виявлення здатності до плівкоутворення виділених клінічних ізолятів стафілокока на поверхні покривних скелець та мікротитрувальних планшетів продемонстрував, що 12 ізолятів (28,58 %) з 42 досліджених формували біоплівки тоді як у 30 ізолятів (71,42 %) така здатність не була виявлена. За показником оптичної щільності утворення біоплівок для 12 клінічних штамів за 24 години інкубації, сягала від 0,054 до 0,097 $p < 0,05$; $(0,075 \pm 0,013)$. За 48 годин культивування, кількість бактеріальної маси збільшилась, що підтвердилося зростанням показника оптичної щільності: від 0,081 до 0,198, $p < 0,05$; $(0,011 \pm 0,029)$.

Отже, виявлення здатність до плівкоутворення досліджуваних ізолятів стафілококу є несприятливим прогностичним фактором перебігу захворювання тож у лікування таких пацієнтів лікарі повинні зважати, на сучасні дослідження і на розроблені стратегії у лікуванні, для розробки індивідуальних планів їх лікування.

Список літератури

1. Abu Bakar M., McKimm J., Haque S.Z., Majumder M.A.A., Haque M. Chronic tonsillitis and biofilms: a brief overview of treatment modalities. *J. Inflamm Res.* 2018. №11. P.329-337.
2. Azeredo J., Azevedo N.F., Briandet R., Cerca N., Coenye T., et al. Critical review on biofilm methods. *Critical reviews in microbiology.* 2017. №43(3). P. 313–351.
3. Nazzari E., Torretta S., Pignataro L., Marchisio P., Esposito S. Role of biofilm in children with recurrent upper respiratory tract infections. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2015. № 34(3). P. 421–429.

УДК 616.72-018.3-003.93-085.36

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ
СТОВБУРОВИХ КЛІТИН ЖИРОВОЇ ТКАНИНИ ДЛЯ
РЕГЕНЕРАЦІЇ ХРЯЦОВОЇ ТКАНИНИ СУГЛОБІВ**

Лечаченко С.А., Довгалюк Б.О., Довгалюк А.І.

Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського

E-mail: lechachenko@tdmu.edu.ua

Мезенхімальні стовбурові клітини (mesenchymal stem cells, MSCs) є первинними мультипотентними стромальними клітинами, що все більше викликають інтерес науковців у сфері інженерії та регенеративного лікування хрящової тканини. Це зумовлено їхньою здатністю до самооновлення, проліферації та диференціювання в хондрогенному напрямку. Серед усіх типів MSCs, ті, що отримані з жирової тканини, є найбільш перспективними у лікуванні хвороб суглобів [1].

Захворювання, що супроводжуються ушкодженням хрящової тканини суглоба, такі як остеоартроз та ревматоїдний артрит, здатні завдати значного дискомфорту людині, негативно впливаючи на мобільність і нормальне функціонування опорно-рухового апарату. Часто ураження хряща, окрім крихкості, стоншення та прогресуючої ерозії, поєднується із синовіальним запаленням та інфільтрацією імунними клітинами. На жаль, хірургічні методи лікування, які зараз застосовуються в клініці, не здатні до повного відновлення гіалінового хряща. Тому все частіше постає питання про альтернативні методи лікування із використанням стовбурових клітин [2].

Стовбурові клітини жирової тканини (adipose derived stem cells, ADSCs) мають низку переваг, порівняно з іншими (наприклад, отриманих з кісткового мозку, шкіри, периферійної крові тощо), а саме: широка доступність, менша інвазивність аспірації, аутологічність матеріалу, відносно велика кількість недиференційованих клітин на 1 грам тканини (від 5000 до 200 000 клітин), імуносупресивність, довша тривалість життя, вищі проліферативні можливості, а також відсутність етичних обмежень щодо забору та використання [1]. Їхня роль у

регенеративній медицині забезпечується як здатністю до диференціації у відповідні клітини пошкодженого органу, так і паракринною активацією відновлення уражених тканин.

Згідно “теорії диференціації”, що панувала у ранніх дослідженнях регенерації хрящової тканини, ADSCs замінюють та оновлюють популяцію хондроцитів, таким чином відновлюючи функціонування хряща. В той же час “паракринна теорія”, що переважає останні роки, визначає ефективність використання стовбурових клітин завдяки екскреції ними розчинних протизапальних факторів та захисту матриксу хряща [3].

До біоактивних компонентів секретому стовбурових клітин належать фактори росту (судинний ендотеліальний фактор росту VEGF, трансформуючий фактор росту TGF, фактор росту гепатоцитів HGF, тромбоцитарний фактор росту PDGF, фактор росту плаценти PlGF, основний фактор росту фібробластів bFGF тощо), цитокіни (протизапальні інтерлейкіни, хемокіни, фактор некрозу пухлин TNF, колонієстимулюючі фактори), низка ферментів та мікроРНК. Останні виконують функцію факторів транскрипції, що активують гени, відповідальні за проліферацію та репарацію внутрішньоклітинних пошкоджень [4]. Дані біоактивні сполуки доставляються до пошкоджених клітин за допомогою екстрацелюлярних везикул (EVs), що відокремлюються назовні від стовбурових клітин. Позаклітинні везикули поділяють за складом, розміром і походженням на 3 групи: екзосоми (30-120 нм), мікровезикули (100 – 1000 нм) та апоптотичні тільця (більше 1 мкм). Дослідження повідомляють, що компоненти секретому не лише зменшують накопичення запальних клітин у місці ураження, а й кількість прозапальних цитокінів у кровообігу, що показує імуномодулюючий ефект стовбурових клітин [5].

Стратегії клітинної терапії із застосуванням стовбурових клітин включають імплантацію екзогенних стовбурових клітин (вирощених у біотехнологічних лабораторіях), та/або мобілізацію ендогенних камбіальних клітин у місце ураження з їхніх первинних ніш (жирової тканини, червоного кісткового мозку тощо) [2].

Відсутність кровеносних судин у суглобовому хрящі унеможлиблює постачання ліків через артеріальну чи

внутрішньовенну систему. Тому більшість терапій проводять введенням стовбурових клітин безпосередньо в суглобову порожнину. Для вмонтування стовбурових клітин у місце ураження використовують різні засоби: конструкцію клітинного каркасу, магнітне наведення із використанням частинок нанозаліза, внутрішньосуглобову ін'єкцію, гранули хондроцитів, клітинно-гідрогелеву конструкцію [2]. Усі ці способи доставки стовбурових клітин сприяють їхній ціленаправленій локальній дії, що визначає подальший успіх клітинної трансплантації у лікуванні і відновленні дефектів суглобового хряща *in situ*.

Поняття “мобілізації” щодо стовбурових клітин використовується для пояснення явища реагування власних камбіальних клітин на позаклітинні сигнали (міграційні стимули та орієнтири) для цільового транспорту. Тканини ініціюють мобілізацію недиференційованих клітин у випадку появи травми або запалення. Ендогенні стовбурові клітини можуть надходити безпосередньо з їхніх ніш в тканинах навколо пошкодження або мігрувати через кровоносне русло. Такі умови залучення стовбурових клітин до відновлення виключають будь-яку можливість імуногенності та передачі захворювання. Тому останнім часом дослідники зосередили свою увагу на вивченні регенерації хряща *in situ*, тобто за участі ініційованих ендогенних стовбурових клітин.

Таким чином регенерація хрящової тканини суглобів із використанням стовбурових клітин є перспективним напрямком у галузі репаративної медицини. Зокрема використання недиференційованих клітин жирової тканини з метою відновлення ушкоджених тканин володіє багатьма перевагами, порівняно із аналогами, отриманими із інших частин тіла людини.

Список літератури

1. Gherghel, R., Macovei, L. A., Burlui, M. A., Cardoneanu, A., Rezus, I. I., Mihai, I. R., & Rezus, E. Osteoarthritis—The Role of Mesenchymal Stem Cells in Cartilage Regeneration. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13(19): 10617. doi: 10.3390/app131910617
2. Jiang, S., Tian, G., Li, X., Yang, Z., Wang, F., Tian, Z., Huang, B., Wei, F., Zha, K., Sun, Z., Sui, X., Liu, S., Guo,

- W., & Guo, Q. Research Progress on Stem Cell Therapies for Articular Cartilage Regeneration. *Stem cells international*. 2021. Vol. 2021. P. 1-25. doi: 10.1155/2021/8882505
3. Kuroda, K., Kabata, T., Hayashi, K., Maeda, T., Kajino, Y., Iwai, S., ... & Tsuchiya, H. The paracrine effect of adipose-derived stem cells inhibits osteoarthritis progression. *BMC musculoskeletal disorders*. 2015. Vol. 16. P. 1-10. doi: 10.1186/s12891-015-0701-4
 4. Mitchell, R., Mellows, B., Sheard, J. et al. Secretome of adipose-derived mesenchymal stem cells promotes skeletal muscle regeneration through synergistic action of extracellular vesicle cargo and soluble proteins. *Stem Cell Research & Therapy*. 2019. Vol. 10(1): 116. doi: 10.1186/s13287-019-1213-1.
 5. Yang, W. T., Ke, C. Y., Yeh, K. T., Huang, S. G., Lin, Z. Y., Wu, W. T., & Lee, R. P. Stromal-vascular fraction and adipose-derived stem cell therapies improve cartilage regeneration in osteoarthritis-induced rats. *Scientific reports*. 2022. Vol. 12(1): 2828. doi:10.1038/s41598-022-06892-3

УДК 577.118

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОДОДЕФІЦИТУ НАСЕЛЕННЯ
РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Хмеляр І. М., Кушнір Л. О.

Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія»
hmeliar@ukr.net

E-mail: lesjunjaborisjuk@gmail.com

З кожним роком збільшується кількість осіб населення України пов'язанні із хворобами щитоподібної залози. Без достатньої кількості йоду щитоподібна залоза працювати не може. не може працювати без достатньої кількості йоду в організмі, оскільки він є невід'ємним компонентом її гормонів. В організм людини йод потрапляє з продуктами харчування. Найбільша кількість даного хімічного елемента міститься у морепродуктах. В нашій держав проблема профілактики йододефіциту до кінця не вирішена. В більшості країн Європи впроваджуються заходи щодо профілактики йододефіциту в

організмі людини. [1;2]

Мета: проаналізувати рівень захворюваності населення Рівненської області обумовлені нестачею Йоду та стан профілактичних заходів профілактики йододефіциту.

Йододефіцитні захворювання несуть небезпеку та загрозу для здоров'я людини та суспільства в цілому. Йод є необхідним мікроелементом для правильного функціонування всього людського організму. Варто зауважити, що Україна належить до тих країн у яких спостерігається недостатнє споживання йоду, що призводить до серйозних наслідків, зокрема виникнення фолікулярного раку щитоподібної залози, раку молочних залоз і шлунка [1;2] Поряд з тим надлишок потрапляння йоду в організм людини може призводити до збільшення захворювань на папілярний рак щитоподібної залози. Про це необхідно пам'ятати при самолікуванні. Особливо вразливі до йододефіцитних захворювань люди похилого віку, вагітні та діти. При недостатній кількості потрапляння йоду в організм жінки протягом вагітності виникає йододефіцит матері: тяжка форма може викликати розвиток кретинізму в майбутньої дитини; помірна чи легка – порушення розвитку нервової системи, погані когнітивні властивості [3, 4, 5]. Тому при плануванні вагітності та вагітності потрібно звернути увагу на достатнє забезпечення йодом організму. В дослідженнях багатьох науковців зазначена, що недостатнє потрапляння йоду в організм людини є ризик-фактором для виникнення фолікулярного раку щитоподібної залози, раку молочних залоз і шлунка [1-5].

Проведено опитування населення Рівненської області: 130 міського населення та 140 жителів сільської місцевості. Опитування спрямоване на визначення рівня повноцінного харчування населення. Результати проведеного опитування були узагальненні та отримання такі результати: морські продукти харчування не вживаю: 28% сільського населення та 12% міського населення; для приготування їжі використовую йодовану сіль: 68% сільського населення та 62% міського населення; систематично відвідую лікарів з метою профілактики захворювань щитоподібної залози, молочних залоз: 18% сільського населення та 52% міського населення; чи відчуваєте ви підвищену стомлюваність та млявість: 58% сільського

населення та 42% міського населення; як часто у вас буває пригнічений настрій і неухважність: 29% сільського населення та 62% міського населення; чи спостерігаєте ви відчуття болю у серці та задиху: 68% сільського населення та 62% міського населення. Аналіз проведеного анкетування та статистичних даних, що проблема йододефіциту в Рівненській області наявна. На думку медичних працівників це пов'язано із низьким рівнем обстеження населення, а також йододефіцитні стани дуже часто протікають безсимптомно. Більшість населення звертається при запущених стадіях. Профілактика йододефіциту в Україні практично не ведеться. Нині основним заходом забезпечення населення є вживання йодованої солі. Ми рекомендуємо ознайомлювати населення із методами профілактики йододефіциту, проводити профогляди щитоподібної залози виїздно.

Багато різних дієтичних добавок можуть спричинити виникнення йододефіциту, адже відбуваються зміни метаболічних процесів в щитоподібній залозі. Це брокколи, білокачанна і цвітна капуста. Дані овочі містять тиоглікозиди, які конкурують із поглинанням йоду щитоподібної залози [6;7]. В роботах науковців звертається увага на наявність гойтрогенних флаванолігнів в сої, солодкій картоплі, кукурудзі, насінні льону, сорго та пшоні можуть впливати на ферментативну активність. Термічна обробка овочів при приготуванні їжі зменшує гойтрогенний ефект. Нині сіють велику кількість і ріпаку, який згодують ВРХ. Це також впливає на якість молочної продукції, що в подальшому може зменшувати засвоєння йоду. Дотримання сівозміни, використання конюшини на пасовищах на протипагу нітратним добривам можуть сприяти збільшенню вмісту йоду в молочної продукції, якою харчується більшість населення села.

Профілактика йододефіциту полягає у введенні в організм препаратів, що містять йод. В аптечній мережі доступні лікарські засоби, що містять йод, зокрема: Йодомарин, Калію йодид, Йод-актив плюс, Йодбаланс, Йодофол, Мікрройодид. Також для профілактики дефіциту йоду рекомендовано вживати йодовану сіль, яку додають в кінці приготування їжі. В деяких країнах проводять йодування води, молочних продуктів харчування шляхом додавання у корм ВРХ йодидів у корм. Рекомендовано

також вживання морепродуктів [6;7].

Отже, на території Рівненської області існує проблема йододефіциту. Використання йодованої солі є одним із основних заходів забезпечення йодом населення. Неконтрольоване використання харчових та дієтичних добавок призводить до зміни метаболічних процесів в щитоподібній залозі. Тому подальші свої дослідження будуть напрямлені на проведення освітніх кампаній, для населення з високим ризиком розвитку йододефіциту. Адже інформованість населення про профілактичні заходи сприятиме скороченню чисельності випадків патології щитоподібної залози, що зменшить затрати держави на діагностику та лікування пацієнтам з тиреоїдною патологією.

Список літератури

1. Tronko M., Kravchenko V., Bondar T. (2022). Дослідження йодної забезпеченості населення України в межах проекту Steps «Вивчення поширеності факторів ризику неінфекційних захворювань» Всесвітньої організації охорони здоров'я. Ендокринологія | Endokrynologia, 27(3), 2022. С. 203-213.
2. Матасар І.Т., Кравченко В.І., Водоп'янов В.М., Луценко О.Г. Дефіцит йоду в організмі людини як соціальна, медична та екологічна проблеми. за ред. Матасар ІТ. Київ: Щек, 2020; 339 с.
3. Омельчук С.Т., Гаркавий С.І., Музичук Н.Т., Кобзар А.Я. Йододефіцит серед населення та його подолання. Науковий вісник національного медичного університету імені О. О. Богомольця. 2006; 4. С.134–138.
4. Шумна Т.Є. Сучасний погляд на імунні механізми захворювань в умовах несприятливих факторів навколишнього середовища. Запорізький медичний журнал. 2011; 2. С.124–125.
5. Єрохіна О. І. Особливості фізичного, інтелектуального розвитку та психоемоційного стану дітей, що постійно мешкають в регіоні легкої йодної ендемії. Сучасна педіатрія. 2008; 3. с.18–22.
6. Косминіна Н.С., Гнатейко О.З., Печеник С.О., Чайковська Г.С. Вплив екологічно несприятливого довкілля на

- формування тиреоїдної патології в дітей на фоні йодного дефіциту. *Здоровье ребенка*. 2014; 1(52).с. 45–48.
7. Матасар І.Т, Петрищенко Л.М. Особливості профілактики йододефіциту серед населення регіонів, постраждалих від аварії на ЧАЕС, шляхом вживання йодованої кухонної солі. *Інформаційний лист*. Київ, 2008; с.190.

РОЗДІЛ 4

БІОХІМІЯ І МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

УДК 546.732: (597.551.2+597.552.1): 612.11

**ВПЛИВ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ
КОБАЛЬТУ НА ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД БІЛКІВ
СИРОВАТКИ КРОВІ КАРАСЯ ТА ЩУКИ**

Вовчек Н.О., Хоменчук В.О., Костик О.О., Курант В.З.

Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

E-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

Використання металів та їх сполук людиною обумовлює забруднення ними гідроекосистем. Важкі метали, навіть ті, що є біологічно необхідними, за високої концентрації у воді можуть становити потенційну небезпеку для водної біоти. Ці токсиканти є стійкими, можуть акумулюватися та передаватися у трофічних ланцюгах, викликаючи широкий спектр токсичних ефектів у гідробіонтів [5, 6].

Кобальт є важливим елементом водних екосистем як мікроелемент, є незамінним компонентом вітаміну В₁₂, бере активну участь у процесах кровотворення та синтезу білків, проте стає токсичними за високих концентрацій його в організмі [1]. Про токсичність цього металу для водних тварин відомо мало, що ускладнює оцінки екологічних ризиків та розробку критеріїв якості води для цього металу.

Риби є чутливими до дії різних полютантів, що знаходяться у воді, тому їх часто використовують у моніторингових дослідженнях та для оцінки якості води методами біоіндикації та біотестування. Система крові відображає реакцію організму риб за дії різних токсичних чинників, у тому числі і важких металів [2]. Білки сироватки 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

кобальту на фракційний склад білків сироватки 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 150—170 г відповідно. Вивчали вплив іонів Co^{2+} у двох сублетальних концентраціях – 0,1 та 0,25 мг/дм³. Метал вносили у воду 200-літрових акваріумів у вигляді $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. З метою зниження впливу на риб їх власних екзометаболітів воду в акваріумах змінювали щодвобово. Період аклімації становив 14 діб. Після зазначеного терміну у риб із серця відбирали кров для аналізу та після її зсідання центрифугували зразки 20 хвилин при 3000 об/хв. Для виділення білкових фракцій сироватки крові використовували прилад для електрофорезу FORESCAN 001 (Китай). Розшифрування фореграм проводили на денситометрі цієї ж фірми. Фореграми білків сироватки риб містили п'ять основних фракцій – альбуміни, α_1 , α_2 , β та γ -глобуліни. Загальний вміст білків у сироватці крові визначали за методом Лоурі та співавт. [4]. Всі одержанні результати піддавали статистичному аналізу з використанням пакету Microsoft Office Excel.

Аналіз отриманих результатів показав, що на альбумін в організмі досліджених видів риб припадало від 10,0 у карася до 11,5 % у щуки. Альбумін відіграє суттєву роль у підтриманні колоїдно-осмотичного тиску крові, а також служить для організму важливим джерелом амінокислот. За дії на організм карася підвищених концентрацій кобальту вміст альбуміну в його сироватці крові практично не змінювався за дії 0,1 мг/дм³ металу і знижувався на 6,7 % за впливу 0,25 мг/дм³ іонів кобальту у воді.

В сироватці крові щуки, навпаки, вміст альбуміну зростав за дії 0,1 мг/дм³ кобальту на 31,7 % і на 10,4% при концентрації металу 0,25 мг/дм³. У сироватці крові кобальт зв'язується з альбуміном, а концентрація вільного, іонізованого Co^{2+} оцінюється від 5 до 12% від загальної кількості кобальту [6], тому зростання вміст альбуміну може бути пов'язана з процесами транспортування металу.

Глобуліни сироватки крові риб були розділені на α_1 , α_2 , β та γ -глобуліни. Найбільше білку як у карася, так і щуки виявлено у фракції β -глобулінів, а найменше – у фракції α_2 -глобулінів у

шуки та γ -глобулінів у карася. При дії іонів кобальту на вміст білків α_1 -фракції у карася було виявлено зниження їх вмісту на 18,1 % за дії 0,1 мг/дм³ та до незначного зростання (на 7,0 %) за дії 0,25 мг/дм³ металу у воді. Стосовно шуки, то обидві досліджені концентрації металу призводили до зростання кількості білків α_1 -фракції в сироватці її крові (0,1 мг/дм³ – на 15,2 %, а 0,25 мг/дм³ – на 11,3 %).

Зміни у відносному вмісті α_2 -глобулінів виявилися більш значними у карася та меншими у шуки. У результаті дії на організм риб обох досліджених концентрацій кобальту ми спостерігали зниження кількості цієї фракції білків як у карася, так і у шуки, за винятком у останньої концентрації 0,1 мг/дм³, яка майже не впливала на цей показник. Найбільші відхилення від контролю були відмічені у карася та у шуки за дії металу в кількості 0,25 мг/дм³ (20,5 % та 6,9 % відповідно). До складу α_2 -фракції входить макроглобулін, який у нативному стані може приєднувати та транспортувати окремі метали. Часткове зниження кількості білків цієї фракції може бути наслідком зростання вмісту альбуміну, що ми спостерігаємо у сироватці крові шуки.

Показники вмісту β -глобулінів у карася за дії обох досліджених концентрацій іонів кобальту зростали на 35,7 % за дії 0,1 мг/дм³ та на 14,4% за 0,25 мг/дм³ металу у воді. До складу β -глобулінів входить трансферин, білок, який зв'язує і транспортує іони заліза. Можливо збільшення вмісту цього білку в сироватці крові карася пов'язане із посиленням кровотворної функції організму риб. У сироватці крові шуки, навпаки, підвищені концентрації іонів Co^{2+} у воді призводили до незначного зниження вмісту білків у фракції β -глобулінів.

Вміст γ -глобулінів, з якими пов'язують захисні властивості організму, у сироватці карася та шуки змінювався неоднаково. Так, у карася їх кількість зростає на 4,0 % за дії 0,1 мг/дм³ та на 18,6 % за дії 0,25 мг/дм³ кобальту у воді. Зростання вмісту γ -глобулінів, ймовірно, пов'язано з посиленням імуногенезу. У шуки ж, навпаки, вміст γ -глобулінів знижувався на 13,7 % при 0,1 мг/дм³ та на 9,9 % за 0,25 мг/дм³ іонів металу у воді.

Отже, підвищенні концентрації іонів кобальту ведуть до зміни як сумарної концентрації білків у сироватці крові, так і до перерозподілу фракційного їх складу. Подальші дослідження

адаптивних реакцій систем крові риб за дії іонів кобальту водного середовища є перспективними для оцінки токсичного забруднення гідроекосистем.

Список літератури

1. Ahilan B., Jeyaseelan M. J. P. Effect of cobalt chloride and vitamin B₁₂ on the growth and gonadal maturation of goldfish, *Carassius auratus*. *Indian journal of fish.* 2001. Vol. 48. P. 369–374.
2. Atamanalp M., Ucar A., Kocaman E.M., Keles S., Sisman T. Turkez H. Alterations in the blood biochemistry of *Salmo trutta fario* exposed to cobalt chlorite. National Water Days, Elazig, Turkey. 2009. 43 p.
3. Blust R. Cobalt. In homeostasis and toxicology of essential metals; *Fish Physiology*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2012; Vol. 31, Part A; P. 291–326.
4. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.I., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol. Chem.* 1951 Vol. 193. № 1:265-275.
5. Moore J. W., Ramamoorthy S. Heavy metals in natural waters. Berlin. Heidelberg. New York: Springer. 1984. 270 p.
6. Simonsen L. O., Harbak H., Bennekou P. Cobalt metabolism and toxicology – A brief update. *Sci. Total Environ.* 2012. Vol.432. P. 210-215.

УДК 616-099:547.556.33]-036-092.9

**АКТИВНІСТЬ МІТОХОНДРІАЛЬНИХ ЕНЗИМІВ В
ОРГАНІЗМІ ЩУРІВ ПІСЛЯ ОТРУСННЯ ПІДВИЩЕНИМИ
ДОЗАМИ АЗОРУБІНУ**

Гаплик Г.П., Лихацький П.Г.

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

E-mail: luhatsky@ukr.net

Здоров'я й безпека населення як складові екологічної безпеки значною мірою залежать від харчування, оскільки воно забезпечує ріст і розвиток організму людини, створює умови для

адаптації в умовах техногенно-хімічного забруднення навколишнього природного та соціального середовища. Слід зазначити, що з продуктами харчування до організму людини потрапляють природні компоненти їжі, що виявляють небезпечну дію, та шкідливі речовини, що надходять із зовнішнього середовища [1]. У нових технологіях широко застосовують ароматизатори, підсилювачі смаку та аромату, барвники, антиоксиданти, консерванти, поверхневоактивні, технологічно необхідні та інші харчові добавки.

В Україні офіційно дозволено використання в харчовій, косметичній та фармацевтичній промисловості біля 20 синтетичних барвників, більшість із яких є азосполуками. До найпоширеніших синтетичних барвників належить кармуазин (азорубін) E122 (малиновий барвник). У результаті численних досліджень харчової добавки E122 було виявлено низку можливих негативних впливів на організм людини [2]. Барвник E122 містить важкі смоли, провокує алергічні реакції, розвиток онкологічних захворювань, проблеми з печінкою та нервовою системою [3].

Враховуючи небезпечність харчової добавки E122 та її токсичний вплив на дихальну систему та шлунково-кишковий тракт, ми вважали за доцільне дослідити її вплив на організм тварин.

Метою роботи було вивчити основні показники енергетичних процесів в організмі щурів після застосування різних доз синтетичного барвника азорубіну.

Для виконання дослідження було відібрано 42 білих щури, які утримувались на стандартному раціоні віварію Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбчевського. Тварин поділили на 3 групи: 1-ша група – контрольні щури; 2-а група – щури, яким інтрагастрально вводили водний розчин азорубіну в дозі 15 мг/кг маси тіла; 3-я група – щури, які отримували азорубін тим же шляхом в дозі 100 мг/кг маси тіла. Синтетичний барвник азорубін тварини отримували щоденно протягом 21 дня. Евтаназію щурів проводили під тіопенталовим наркозом на 7-у, 14-у та 21-у добу від початку отруєння. Для дослідження отримували гомогенат серця та печінки та сироватку крові.

Утримували тварин та проводили експерименти на них відповідно до положень Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей.

У серці та печінці визначали активність сукцинатдегідрогенази (СДГ) та цитохромоксидази (ЦО).

Статистичну обробку даних виконували за допомогою пакета програмного забезпечення SPSS-22.

Про патологічні зміни функцій мітохондрій свідчило порушення активності основних мітохондріальних ензимів сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази.

Сукцинатдегідрогеназа – один із найважливіших ензимів енергетичного обміну, який виконує компенсаторну функцію в енергозабезпеченні клітин у разі порушення НАД-залежного дихання.

У печінці щурів активність СДГ прогресуюче знижувалась в залежності від тривалості експерименту. Азорубін у дозі 15 мг/кг призвів до вірогідного ($p < 0,05$) зниження активності ензиму у печінці в кінці експерименту (21-а доба). Після застосування дози азорубіну 100 мг/кг активність СДГ вірогідно знижувалась у всі терміни дослідження і в останній знизилась у 1,7 раза. У серці спостерігалась тенденція до зниження активності ензиму після потрапляння до організму щурів дози азорубіну 15 мг/кг. Доза харчового барвника в 100 мг/кг призвела до вірогідного зниження активності СДГ на 14-у та 21-у доби дослідження в 1,2 та 1,3 раза відповідно ($p < 0,05$).

Важливе місце в енергетичному забезпеченні клітини належить цитохромоксидазі – кінцевому ензиму дихального ланцюга, який забезпечує перенесення електронів від цитохрому на кисень. Цитохромоксидаза векторний ензим внутрішньої мембрани мітохондрій, що відіграє ключову роль в регуляції швидкості окисного фосфорилування та є надзвичайно чутливим до токсикантів різної природи [4].

На порушення електронного транспорту в термінальній ланці дихального ланцюга під впливом азорубіну вказує вірогідне пригнічення активності цитохромоксидази в мітохондріях печінки отруєних щурів. Азорубін у дозі 15 мг/кг призвів до вірогідного зниження активності ЦО вже на 14 добу

дослідження, після потрапляння до організму азорубіну в дозі 100 мг/кг у печінці активність ЦО вірогідно знижувалась у всі терміни дослідження.

Аналогічне зниження активності ензиму відмічено і в серці щурів після отруєння азорубіном, причому барвник в дозі 100 мг/кг маси тіла виявився значно токсичнішим, ніж в дозі 15 мг/кг.

Результати досліджень, підтверджують порушення енергетичного обміну в організмі щурів за умов отруєння їх підвищеними дозами азорубіну, що проявляється зниженням активності основних біоенергетичних ензимів. Доза азорубіну 100 мг/кг проявила більш виражений вплив на процеси енергозабезпечення в отруєному організмі.

Список літератури

1. Дубініна А. А., Малюк Л. П., Селютіна Г. А. Забруднення харчових продуктів сполуками металів. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення. Київ: Професіона. 2007. С.65–84.
2. Дайнеко П.М. Порівняльна характеристика харчових домішок у продуктах харчування в Україні та країнах Європейського Союзу. Магістерські студії. Альманах. Вип. 15 (2). Херсон. ХДУ, 2015. С. 65-66.
3. Raposa B., Pónusz R., Gerencsér G., Budán F., Gyöngyi Z., Tibold A., Hegyi D., Kiss I., Koller Á., Varjas T. Food additives: Sodium benzoate, potassium sorbate, azorubine, and tartrazine modify the expression of NFκB, GADD45α, and MAPK8 genes. *Physiology International*. 2016. № 103(3). P.334–343.
4. Лихацький П. Г., Фіра Л.С., Гонський Я.І. Динаміка змін маркерів біоенергетичних процесів та цитолізу у щурів після ураження нітритом натрію на тлі тютюнової інтоксикації. Вісник проблем біології і медицини. 2017. Вип. 2 (136). С. 147-152.

УДК 575.17: 582.923.1

**ВИКОРИСТАННЯ МІЖМІКРОСАТЕЛІТНИХ
ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО
ПОЛІМОРФІЗМУ ПОПУЛЯЦІЙ РОСЛИН**

Гук С. Ю., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

Наукове співтовариство накопичило значний обсяг даних про ефективність використання молекулярно-генетичних маркерів у дослідженнях рослин. Ці дані виявилися корисними для вирішення різноманітних завдань у галузі генетики, селекції рослин, збереження біорізноманіття, дослідження механізмів еволюції, картування геному й інших галузях. Сучасні технології для виявлення поліморфізму на рівні ДНК включають аналіз рестрикційних фрагментів ДНК (RFLP) і методи, які використовують полімеразну ланцюгову реакцію (ПЛР) для ампліфікації ДНК й ін. У 1983 році винахід Кері Малліса методу ампліфікації ділянок ДНК за допомогою повторюваних температурних циклів став ключовим проривом у створенні нових типів ДНК-маркерів. Використання як маркерної системи нуклеотидної послідовності ДНК дозволяє тестувати генетичний поліморфізм безпосередньо на рівні генів.

Більша частина геному еукаріот складається із ряду монотонних повторів, найпоширенішими з яких є міні- і мікросателіти. Мікросателіти – це повторювальні ди-, три-, тетра- і пентануклеотидні мотиви. Більшість з цих послідовностей еволюціонує нейтрально, проте деякі з них піддаються «динамічним мутаціям», еволюціонуючи швидше, ніж інші ділянки геному. Деякі мікросателіти можуть бути зчеплені з генами, наприклад, брати участь у зв'язуванні білків рекомбінації у відповідних сайтах хроматину. Одними із часто використовуваних є ISSR-маркери (Inter Simple Sequence Repeats), які розроблені на основі міжмікросателітних ділянок ДНК. Цей підхід використовує широко поширені мікросателіти, розподілені по всьому геному еукаріотів; вони є гіперваріабельними, домінантними маркерами, які націлені на

кілька ділянок геному одночасно [1]. Для створення ISSR-маркерів використовують праймери довжиною 15–24 нуклеотидів, які складаються з коротких 2–4 нуклеотидних повторів і є комплементарними мікросателітам. Їх використання не потребує попереднього проведення клонування і секвенування послідовностей для підбору праймерів [3]. ISSR-ПЛП можна використовувати для вивчення міжвидової і внутрішньовидової мінливості, ідентифікації видів й популяцій. Нами виділені такі перевагами використання ISSR-маркерів як: необхідні невеликі кількості ДНК для проведення аналізу, технологічна процедура швидка, проста і економічно вигідна, не потрібна попередня інформація про нуклеотидну послідовність матричної ДНК. Поряд з цим можна виокремити недоліки цього методу: неможливо розрізнити гетеро- і гомозиготи, супутня міграція (однакові за розміром фрагменти ДНК на електрофорезі можуть мати різну нуклеотидну послідовність) й ін.

У зв'язку із елімінацією видів сьогодні відбувається скорочення біорізноманіття. Під впливом антропогенних факторів відбувається незворотній і некомпенсований процес руйнування генофонду планети, оскільки швидкість вимирання видів у багато разів більший, у порівнянні із природними процесами зникнення видів. Проблема збереження і раціонального використання біологічного різноманіття стала однією з пріоритетних для різних країн світу, оскільки порушення біоти призведе до втрати гомеостазу біосфери. Особлива роль у вирішенні екологічних проблем відводиться дослідженням у галузі популяційної біології, оскільки для збереження видів важливе значення має вивчення їх популяцій, а саме їх генетичної компоненти.

Метою роботи було вивчення генетичного поліморфізму популяцій *Gentiana lutea* L. з Чорногірського масиву Український Карпат з використанням ISSR-маркерів. Матеріалом для дослідження обрано дикорослі рослини із двох природних популяцій *G. lutea*, які локалізуються на горах Шешул-Павлик (Sh), полонині Лемська (Lem) й однієї агропопуляції на горі Пожижевська (Pozh) в Українських Карпатах. У роботі за основу було взято метод виділення ДНК Rogers S. O. і Bendich A. J., дещо модифікований Спірідоною К. В. Молекулярно-

генетичний аналіз проводили методом ISSR-ПЛР. Протестовано 13 ISSR-праймерів, а для роботи із зразками ДНК *G. lutea* було відібрано 9 (5' AGA GAG AGA GAG AGA GT 3', 5' AGA GAG AGA GAG AGA GG 3', 5' GAG AGA GAG AGA GAG AT 3', 5' GAG AGA GAG AGA GAG AC 3', 5' ACA CAC ACA CAC ACA CG 3', 5' AGA GAG AGA GAG AGA GYC 3', 5' GAG AGA GAG AGA GAG AYT 3', 5' ACA CAC ACA CAC ACA CYG 3', 5' DBD ACA CAC ACA CAC AC 3' (D = A/G/T)). Продукти ПЛР фракціонували електрофорезом в 1,3 % агарозному гелі в буфері 1×SB. Для статистичного аналізу даних ПЛР-аналізу застосовували програми GenAlEx 6.5.

ISSR-праймери забезпечували синтез фрагментів у межах 250–3300 п. н.: популяція з г. Пожижевська – 250–3300 п. н., з пол. Лемська – 250–2200 п. н., з гір Шешул і Павлик – 270–3200 п. н. Враховано 206 амплікони, з них 123 – для рослин з популяції на пол. Лемська, 141 – з г. Пожижевська і 116 – з гг. Шешул-Павлик. Кількість унікальних фрагментів коливалася від 16 до 32, а фіксованих – від 35 до 50. Відсоток поліморфних ампліконів для природних популяцій становила 39,8 %, для популяції з г. Пожижевська була вищою – 41,7 %. Порівняння досліджених популяцій показало, що очікувана гетерозиготність й індекс Шеннона були приблизно однаковими для популяцій з пол. Лемська і з гг. Шешул-Павлик, а дещо нижчі в агропопуляції ($0,138 \pm 0,008$, $0,207 \pm 0,011$ відповідно). За показником частка поліморфних ампліконів популяції рангувалися: Lem \geq Pozh \geq Sh. Встановлено, що значення основних показників генетичного поліморфізму позитивно корелюють з чисельністю популяцій. За показниками генетичного поліморфізму (He, S) не виявлено достовірних відмінностей між популяціями з пол. Лемська і з гг. Шешул-Павлик. Ці популяції мають подібну щільність, ростуть у схожих умовах (амплітуда висот, орієнтація і крутизна схилу), фітоценотичне оточення. Очевидно, що сукупність цих чинників зумовлює відсутність відмінностей між ними за рівнем генетичного поліморфізму.

Отже, з використанням міжмікросателітних ділянок ДНК вивчено генетичне різноманіття популяцій *G. lutea* з Чорногірського масиву Українських Карпат. Встановлено значення основних показників генетичного поліморфізму трьох

популяцій і кореляції між генетичними й еколого-географічними параметрами популяцій дослідженого виду.

Список літератури

1. Gemmill C. E. C., Grierson E. R. P. Inter-Simple Sequence Repeats (ISSR), Microsatellite-Primed Genomic Profiling Using Universal Primers. *Methods Mol Biol.* 2021. Vol. 2222. P. 249–262. doi: 10.1007/978-1-0716-0997-2_14.
2. Yu F., Yu F., Li R., et al. Inhibitory effects of the *Gentiana macrophylla* (Gentianaceae) extract on rheumatoid arthritis of rats. *Journal of Ethnopharmacology.* 2004. № 95. P. 77–81.
3. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics.* Canada, 1994. № 20 (2). P. 176–183.

УДК 611.018.53:618.48:57.086.13:577.121.7

**ВПЛИВ L-КАРНІТИНУ НА УТВОРЕННЯ АКТИВНИХ
ФОРМ КИСНЮ В ЯДРОВІСНИХ КЛІТИНАХ КОРДОВОЇ
КРОВІ ПРИ КРІОКОНСЕРВУВАННІ**

Зубов П.М., Зубова О.Л.

Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України,
м. Харків

E-mail: pmzubov@gmail.com

Значущим проривом у галузі трансплантації гемопоетичних прогеніторних клітин (ГПК) стало використання кордової крові людини (КК), яка отримується при народженні дитини [1]. Всезростаюча увага з боку вчених і лікарів до використання КК призвела до необхідності створення кріобанків, у яких зразки зберігаються в замороженому стані за температури -196°C . Проте, процеси обробки кріопротекторами та заморожування-відігрівання можуть викликати неконтрольоване утворення в клітинах активних форм кисню (АФК) з подальшим розвитком деструктивних процесів [3]. Тому додавання до кріозахисного середовища антиоксидантів повинно сповільнити розвиток оксидативного стресу і, таким чином, покращити результати кріоконсервування [2].

Метою роботи була оцінка антирадикальної активності антиоксиданту L-карнітину при кріоконсервуванні ядровмісних клітин кордової крові людини з 7,5% ДМСО.

Виділення фракції ядровмісних клітин (ЯВК) із цільної КК проводили методом седиментації у поліглюкіні. В якості кріопротектора використовували ДМСО у кінцевій концентрації 7,5%. L-карнітин (LC) використовували в кінцевих концентраціях 1; 5; 10; 15; 20; 50 мМ. Кріоконсервування проб КК проводили на програмному заморожувачі зі швидкістю 1°C/хв до -80°C з наступним зануренням до рідкого азоту. Вміст АФК в ЯВК КК оцінювали методом протокової цитофлуориметрії з використанням дихлородигідрофлуоресцеїн діацетату (DCF⁺-клітини). Оцінку стадій апоптозу ядровмісних клітин з подальшим визначенням живих клітин з непошкодженою мембраною (AnnexinV⁻7AAD⁻ клітини) проводили цитофлуориметричним методом з одночасним внесенням до зразків маркерів Annexin V FITC, CD45PE і 7-AAD.

При визначенні впливу ДМСО та різних концентрацій LC на кількість клітин із надлишковим вмістом АФК показали, що зразки, заморожені тільки в присутності 7,5% ДМСО, характеризувалися кількістю клітин з надмірним вмістом АФК на рівні 19-23%. Внесення в середовище кріоконсервування LC [4] забезпечувало зниження кількості DCF⁺-клітин в деконсервованих пробах в середньому на 15-24%. Найефективнішими виявились концентрації LC 15-20 мМ. Для з'ясування ефективності методу кріоконсервування можна застосовувати підхід по визначенню після розморожування кількості живих клітин з неушкодженою мембраною (AnnexinV⁻7AAD⁻). Використання методу протокової цитофлуориметрії з використанням вітального ДНК барвника 7-AAD, який зв'язується тільки з деспіралізованою молекулою ДНК, дозволяє, як показали додаткові тести (у тому числі культуральні), ідентифікувати саме живі клітини. Annexin V, який фіксує наявність екстерналізованого на зовнішньому моношарі мембрани фосфатидилсерину, дозволяє виявити клітини на першій стадії апоптозу, які при потрапленні в кровеносне русло будуть додатково елімінуватися макрофагами, оскільки втрата трансмембранної асиметрії фосфоліпідів є однією

з невід'ємних ознак розвитку апоптозу в клітинах та тригером для їх поглинання. При аналізі виходу отриманих після кріоконсервування з 7,5% ДМСО життєздатних клітин з неушкодженою мембраною було показано, що в контролі вихід таких клітин складав близько 54% у порівнянні з пробами до кріоконсервування. Визначення виходу живих неушкоджених клітин після розморожування з ДМСО та LC продемонструвало більше збереження таких клітин в усіх експериментальних групах, що містили антиоксидант, починаючи з найнижчої концентрації 1 мМ. Значущі відмінності спостерігалися в пробах, що містили у складі кріопротекторного розчину 7,5% ДМСО та 15-20 мМ LC. В цих пробах зберігалось на 14% більше живих клітин у порівнянні з контрольними зразками, які не містили антиоксидант.

Таким чином, було показано, що внесення розчину ДМСО до суспензії ядровмісних клітин кордової крові людини та подальше їх кріоконсервування призводить до розвитку окисних процесів з підвищеним утворенням активних форм кисню, які можуть знижувати збереженість клітин та їх життєздатність. Сумісне застосування в кріозахисному середовищі ДМСО в концентрації 7,5% та 15-20 мМ L-карнітину сприяє підвищенню кількості живих клітин з неушкодженою мембраною.

Список літератури

1. Ballen K.K., Gluckman E., Broxmeyer H.E. Umbilical cord blood transplantation: the first 25 years and beyond. *Blood*. 2013. Vol. 122, № 4. P. 491–498.
2. Bandy M.N., Lone F.A., Rasool F. Use of antioxidants reduce lipid peroxidation and improve quality of crossbred ram sperm during its cryopreservation. *Cryobiology*. 2017. Vol. 74. P. 25–30.
3. Djuwantono T., Wirakusumah F.F., Achmad T.H. Comparison of cryopreservation methods: slow-cooling vs. rapid-cooling based on cell viability, oxidative stress, apoptosis, and CD34+ enumeration of human umbilical cord blood mononucleated cells. *BMC Res. Notes*. 2011. № 4. P. 371.
4. Surai, P.F. Antioxidant action of carnitine: molecular mechanisms and practical applications. *EC Veterinary Science*. 2015. V. 2, № 1. P. 66–84.

ВПЛИВ КСЕНОБІОТИКІВ НА ВМІСТ ГЛУТАТІОНУ ТА АКТИВНІСТЬ ГЛУТАТІОНЗАЛЕЖНИХ ФЕРМЕНТІВ КРОВІ ЩУРІВ

Калінін І.В., Томчук В.А.

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mail: kalininihor@gmail.com

Кожного року в навколишнє середовище викидається велика кількість ксенобіотиків, забруднювачів, серед яких значне місце належить важким металам. Останні є високотоксичними і небезпечними для життєдіяльності живих організмів і спричиняють негативний вплив на метаболічні процеси. Перелік важких металів в більшості співпадає з групою мікроелементів, що в деякій мірі ускладнює вивчення впливу важких металів на біохімічні процеси.

Проблема вивчення впливу на організм людини і тварин ксенобіотиків залишається однією із найважливіших для людства. В метаболізмі ксенобіотиків задіяно більше 30 ключових ферментів, що забезпечують перебіг двох фаз.

Система знешкодження ксенобіотиків за участю глутатіону є найбільш важливим механізмом захисту клітини. При кон'югації ксенобіотиків з глутатіоном утворюються тіоефіри, котрі потім перетворюються на меркаптурати. Більшість кон'югатів реакційно-інертні та гідрофільні, отож, нетоксичні і легко елімінуються з організму.

Кон'югацію глутатіону з ксенобіотиками каталізують ферменти γ -глутатіонтрансферази [КФ 2.5.1.18], що широко представлені в клітинах і відіграють найбільш важливу роль в антиоксидантному захисті за дії важких металів. Вони є посередником у нуклеофільній атаці відновленого глутатіону на електрофільні зони ксенобіотиків з утворенням нетоксичних гідроксильних кон'югатів. Глутатіон також захищає клітину від токсичної дії пероксиду водню. Ця реакція здійснюється за допомогою іншого ферменту – глутатіонпероксидази [КФ 1.11.1.9].

Метою нашої роботи було дослідження вмісту

відновленого глутатіону та активності ферментів крові щурів при отруєнні ксенобіотиками, солями важких металів (міді сульфату і кадмію сульфату).

Досліди проводили на білих нелінійних щурах-самцях, одного віку, масою 180-200 г., впродовж 14 діб, відповідно до конвенції Ради Європи щодо захисту хребетних тварин, яких використовують у наукових цілях. Тварини були розділені на три групи: перша – інтактні (контроль), друга – тваринам перорально вводили розчин міді сульфату в дозі 1/10 від ЛД₅₀, третя – тваринам перорально вводили розчин кадмію сульфату в дозі 1/30 від ЛД₅₀. Вміст відновленого глутатіону визначали за накопиченням продукту реакції з дітіобіснітробензойною кислотою (реактив Елмана) з вільними SH-групами. Активність глутатіонпероксидази (ГП) [КФ 1.11.1.9] визначали за накопиченням окисненого глутатіону. Активність глутатіон-S-трансферази (ГТ) [КФ 2.5.1.18] визначали за накопиченням кон'югату. Експериментальні дані оброблялись загальноприйнятими методами статистики з використанням критерію Ст'юдента.

Слід зазначити, що отруєння щурів міддю сірчаною кислотою та кадмієм сірчаною кислотою призводить до зниження вмісту (GSH) сироватки крові щурів на 28% і 50% відповідно, по відношенню до інтактних тварин. За таких умов знижується і активність ГП – на 27% при отруєнні міддю сірчаною кислотою та на 50% при отруєнні кадмію сульфатом, відносно контрольної групи тварин. Активність ГТ знижується майже в 2 рази при отруєнні міддю та в 2, 5 рази – кадмію, у порівнянні з інтактною групою.

Таким чином, активність ферментів та вміст відновленого глутатіону піддаються більш суттєвим змінам за дії кадмію сульфату. Отримані результати, можуть вказувати на зниження функціональної активності антиоксидантної системи захисту організму, а знання метаболічних перетворень у механізмах детоксикації важких металів в організмі дозволить намітити напрями пошуків нових засобів для контролю, регулювання та стимуляції реакцій адаптації, компенсації і елімінації останніх з організму.

**ФОСФОЛІПІДНИЙ СКЛАД ТКАНИН ЩУКИ ЗА ДІЇ
ПІДВИЩЕНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ**

Марків В.С., Хоменчук В.О., Росовський Т.А., Курант В.З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

Фосфоліпіди (ФЛ) є широко поширеними і амфіпатичними функціональними сполуками, які відіграють життєво важливу роль у формуванні біологічних мембран та регуляції сигнальних шляхів у клітинах [7]. ФЛ найчастіше складаються з жирних кислот, приєднаних до молекул гліцерину і фосфатів, але вони можуть містити й інші замісники, що веде до створення різних видів ФЛ, необхідних для різних біологічних функцій [1]. Особливістю риб є те, що кількість ненасичених жирних кислот, а також відносна кількість подвійних зв'язків у їх клітинних мембранах значно вища, ніж у ссавців [8].

Ліпіди риб відіграють важливу роль у адаптації їх організму до токсичних рівнів металів, оскільки як складові компоненти біомембран вони забезпечують їх оптимальну плинність і проникність.

Серед важких металів кобальт є мікроелементом необхідним для наземних і водних організмів, оскільки він входить до складу вітаміну В₁₂ і виконує роль кофактора для багатьох ферментів, таких як дегідрогенази, дегідратази, гідратази, мутази і трансферази [4]. Проте, підвищений рівень кобальту може викликати низку токсичних ефектів, включаючи структурні та функціональні зміни біомембран. Негативно заряджені ліпіди є мішенями для зв'язування іонів Со²⁺, оскільки їхня взаємодія спричиняє ригідність мембран та агрегацію ліпосом [6].

Тому актуальними є дослідження впливу сублетальних концентрацій іонів кобальту на фракційний склад фосфоліпідів тканин прісноводних риб. Експеримент було проведено на дворічках щуки (*Esox Lucius L.*) із середньою масою 150-170 г. Досліджували вплив кобальту у двох концентраціях, які в перерахунку на іони становили 0,1 та 0,25 мг/дм³. Метал у

вигляді $\text{CoCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ вносили у воду акваріумів об'ємом 200 літрів, у яких розмішувалися досліджувані риби (по 5 особин в кожному). Вміст кисню у воді складав $7,0 - 8,0$ мг/л, $\text{CO}_2 - 2,5 \pm 0,3$ мг/дм³; рН $- 7,8 \pm 0,1$; загальна твердість $- 6,8 \pm 0,1$ ммоль/л. Термін утримання щук у токсичних умовах тривав 14 діб, що є достатнім для розвитку адаптивної реакції на дію стрес-чинника.

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

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

Аналіз отриманих результатів показав, що найвища концентрація ліпідів у щуки спостерігалася у печінці. За впливу $0,1$ мг/дм³ іонів кобальту вміст ліпідів у даній тканині збільшився на $7,3$ %, проте зменшився на $5,2$ % за впливу $0,25$ мг/дм³ у порівнянні із контрольними значеннями.

У зябрах щуки за дії $0,1$ мг/дм³ іонів Co^{2+} кількість ліпідів не призводила до достовірних змін, тоді як вплив $0,25$ мг/дм³ металу сприяв їх зменшенню на $39,4$ % відносно контролю. У м'язах за ефекту $0,1$ мг/дм³ іонів кобальту сумарний вміст ліпідів підвищився на $10,4$ %, а за дії $0,25$ мг/дм³ - знизився на $27,8$ %.

Збільшення загального вмісту ліпідів за впливу $0,1$ мг/дм³ кобальту, ймовірно, свідчить про активацію анаболічних процесів, а також про їх використання в адаптивних перебудовах метаболізму. Натомість, зниження їх кількості у всіх тканинах за

дії 0,25 мг/дм³, очевидно, обумовлено активацією іонами металу ліполізу та мобілізацією ліпідів як резервного джерела енергії.

Статистичний аналіз фракційного складу фосфоліпідів у печінці вказав на зниження кількості фосфатидилхоліну (ФХ) на 3,6 % і 15,8 % при 0,1 мг/дм³ і 0,25 мг/дм³ відповідно. У той час при обох дослідних концентраціях мало місце збільшення на 11,9 % і 15,2 % вмісту лізофосфатидилхоліну (ЛФХ) та на 24,0 % і 58,6 % частки сфінгомієліну (СФМ). Одержані дані можуть бути обумовлені активацією іонами кобальту фосфоліпаз. За дії 0,1 мг/дм³ Со²⁺ спостерігалось зниження фосфатидилетаноламіну (ФЕА) на 19,6 %, збільшення фосфатидилсерину (ФС) та фосфатидилінозитулу (ФІ) на 12,1 % і 21,4 % відповідно. За максимальної концентрації металу відбувалося підвищення ФЕА на 31,6 % та зниження ФС і ФІ на 31,3 % і 10,1 % відповідно. Зростання вмісту ФЕА, ймовірно, є наслідком інгібування іонами Со²⁺ перетворення його у ФХ та його синтезу із ФС за участю фосфатидилсериндекарбоксілази.

У зябрах щуки було відмічено підвищення кількості ЛФХ на 9,5 %, та зниження частки ФЕА на 11,3 % за концентрації 0,1 мг/дм³ металу, тоді як при 0,25 мг/дм³ спостерігалось незначне підвищення вмісту ФХ (на 7,3 %) та зниження – ЛФХ і СФМ на 18,3 % і 9,2 % щодо контролю відповідно. Під впливом обох дослідних концентрацій кобальту спостерігалось зниження кількості ФС на 27,6 % та 57,1 % відповідно.

У тканинах м'язів було відмічене достовірне зниження кількості ФХ на 17,3 % лише за концентрації 0,25 мг/дм³ іонів Со²⁺. Як і у печінці, збільшився вміст ЛФХ (на 35,6 % і 72,6 %) та СФМ (на 14,5 % і 22,3 %) при 0,1 мг/дм³ і 0,25 мг/дм³ відповідно. Кількість ФЕА зменшувалася при обох дослідних концентраціях на 31,0 % і 38,5 %. Вміст ФС знижувався на 17,9 % при 0,1 мг/дм³ та збільшувався на 78,8 % за максимальної концентрації металу. Зниження кількості ФІ на 36,0 % і 32,3 % за обох дослідних концентраціях, ймовірно, обумовлене зростанням активності фосфоліпази А₂, бо ФІ є неспецифічним субстратом цього ферменту та фосфоліпази С [5].

Виходячи з цих даних, слід констатувати те, що підвищені концентрації іонів кобальту у воді можуть впливати на фосфоліпідний склад тканин щуки та модулювати ліпідний бішар

тканинних біомембран, а отже, і змінювати їх функціональну активність, що призводить до зниження їх проникності для іонів металу.

Список літератури

1. Carmical J., Brown S. The impact of phospholipids and phospholipid removal on bioanalytical method performance. *Biomedical Chromatography*, 2016, 30(5), P. 710–720.
2. Folch J., Lees M., Stanley G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. 1957 Chem.* 226(1), P. 497–509.
3. Kates M. *Techniques of Lipidology: Isolation, Analysis and Identification of Lipids*. North-Holland Publishing Company, 1972, 342 p.
4. Kubrak O.I., Husak V.V., Rovenko B.M., Storey J.M., Storey K.B., Lushchak V.I. Cobalt-induced oxidative stress in brain, liver and kidney of goldfish *Carassius auratus*. *Chemosphere*, 2011, 85(6), P.983–989.
5. Mahadevappa V.G., Holub B.J. The molecular species composition of individual diacyl phospholipids in human platelets. *Biochim. Biophys. Acta*. Vol. 713. 1982. P. 73-79.
6. Umbsaar J., Kerek E., Prenner E.J. Cobalt and nickel affect the fluidity of negatively-charged biomimetic membranes. *Chem. Phys. Lipids*. 2018, Vol. 210. P. 28-37.
7. Wang Z., Karrar E., Wang Y., Liu R., Chang M., Wang X. The bioactive of four dietary sources phospholipids on heavy metal-induced skeletal muscle injury in zebrafish: A comparison of phospholipid profiles. *Food Bioscience*, 2022, Vol. 47, 101630.
8. Zabelinskii S. A., Chebotareva M. A., Kostkin V. B., Krivchenko A. I. Phospholipids and their fatty acids in mitochondria, synaptosomes and myelin from the liver and brain of trout and rat: a new view on the role of fatty acids in membranes. *Comp. Biochem. Physiol. Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 1999, Vol. 124(2), P. 187–193.

УДК 577.1.57.044:152.574.2: 597.54

**ВПЛИВ ДІЇ МІКОТОКСИНУ T2 НА КІЛЬКІСНИЙ ВМІСТ
ПРОДУКТІВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ В
ТКАНИНАХ КОРОПА**

Матюшко С. М., Полотнянко Л. В.

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

E-mail: mekhedolga@gmail.com

В останнє десятиліття питання безпеки харчових продуктів та їх вплив на здоров'я людини набули особливої актуальності. Одним із важливих аспектів є дослідження динаміки змін у вмісті продуктів перекисного окислення ліпідів у тканинах риби, зокрема коропа лускатого [1], під впливом мікотоксину T2. Мікотоксини є продуктами життєдіяльності грибів, які можуть забруднювати рослинні та тваринні продукти, включаючи рибу. Мікотоксин T2 відомий своєю токсичністю і може мати негативний вплив на організм людини через споживання забруднених продуктів. Тому вивчення динаміки змін у вмісті продуктів перекисного окислення ліпідів є кроком у забезпеченні безпеки харчових продуктів. Мікотоксини, як клас отруйних речовин, є серйозною загрозою для здоров'я тварин та людей. Серед них мікотоксин T2 є одним із найбільш токсичних та посиленних у природі. Його вплив на організми виробляється на різних рівнях, зокрема, в контексті його впливу на динаміку зміни вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів у тканинах організмів. Різноманітні аспекти цієї проблеми стають предметом наукових досліджень для розуміння механізмів токсичного впливу та розробки заходів захисту.

Метою нашого дослідження було вивчити залежність вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів в тканинах коропа лускатого за впливу різни концентрацій мікотоксину T2 у водному середовищі та в комбікормі.

Для дослідження використовували коропа лускатого (*Suiprinus carpio L.*). Дослідження здійснювали у листопаді 2023 р. - січні 2024 р. на базі Чернігівської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів та лабораторій

Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка. Маса риб коливалась в межах 250-300 г. Регулярно контролювали гідрохімічний режим води. Кількість риб, що були задіяні в експерименті, становила 24 особини. Концентрацію мікотоксину створювали шляхом внесення розрахункових кількостей речовини у гранично допустимій концентрації 2 ГДК та 5 ГДК. Дослідження проводили з додержанням вимог Міжнародних принципів Гельсінської декларації про гуманне ставлення до тварин [5].

Малоновий діальдегід (МДА) є одним із результатів вільнорадикального окиснення ліпідів, а підвищений рівень цього з'єднання впливає на зростання оксидативного стресу в організмі. Максимальні зміни в кількісному вмісті МДА спостерігаються у зябрах риб, досягаючи майже 38% під впливом Т2 токсину. У мозку риби експериментальних груп зміни вмісту досліджуваної речовини коливаються від 13,5% до 33,5% залежно від концентрації застосованого токсиканту та методу його введення в організм. У білих м'язах показник збільшується на 23,4%, та практично не залежить від концентрації речовини та від способу потрапляння до організму риб, подібні зміни було відмічено при дії інших токсичних речовин [2, 4].

Дієнові кон'югати формуються через перегрупування під час вільнорадикального окиснення ліпідів і є першим продуктом такого окиснення. Аналіз отриманих результатів показує, що вміст дієвих кон'югатів практично у всіх вивчених тканинах та групах риб майже завжди збільшується у порівнянні до показників, відмічених у тварин контрольної групи. Вміст гідроперекисів (ГП) ліпідів проти рівня окиснення енергетичних метаболітів у тканинах риб. У риб з контрольною групою вміст ГП перекисного окиснення ліпідів залишався на одному рівні у всіх вивчених тканинах. Найнижчі показники були зафіксовані в зябрах та білих м'язах, а найвищі - у печінці [3].

Таким чином, вплив мікотоксину Т2 викликав найвиразніші зміни в печінці та зябрах коропа лускатого. Мінімальні зміни відбулися в тканині мозку. Ця тенденція до тканинної специфічності спостерігалася після використання токсичних речовин у високих концентраціях. Таким чином, вміст гідроперекисів практично у всіх групах досліджуваних риб

збільшився в тканині хвороби та зябер, відповідно з контрольною групою. У дослідній групі мозку риб також спостерігається зростання вмісту гідроперекисів, але ця зміна була незначною від інших тканин і не має високої ймовірності. Надмірна активація процесів перекисного окиснення ліпідів викликає токсичний вплив на тканини, сприяє посиленню лізису, окисленню сульфгідрильних груп і призводить до структурних змін при змінах обміну речовин. Адаптація до таких деструктивних факторів тісно пов'язана з активацією синтезу антистресорних білків та системи захисту шкідливих речовин. Дія забруднювачів призводила до збільшення вмісту вивчених речовин у тканинах та органах коропа лускатого. Оцінка цього дозволяє описати функціональний стан організму та виявити початкові, ще оборотні стадії багатьох захворювань.

Список літератури

1. Павленок Л.М., Ячна М.Г., Мехед О.Б., Третяк О.П. Динаміка змін вмісту продуктів перекисного окиснення ліпідів в тканинах коропа лускатого за дії поллютантів. *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2023*. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю від дня народження відомої вченої-ботаніка к.б.н., доц. Валентини Омелянівни Шиманської, 11–13 травня 2023 р. Тернопіль: Вектор, 2023. С. 267-270
2. Симонова Н.А., Мехед О.Б. Вплив гербіцидів на показники перекисного окиснення ліпідів в тканинах коропа лускатого (*Suaprinus carpio* L.). *Біологічні дослідження – 2021*: Збірник наукових праць. Житомир, ПП "Євро-Волинь": 2021. С. 171-174
3. Симонова Н.А., Павленок Л.М., Мехед О.Б. Комбінований вплив йонів цинку, фосфатів та поверхнево-активних речовин на вміст продуктів ПОЛ в тканинах коропа. *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2020*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 80-річчю хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Тернопіль : Вектор, 2020. С. 100-103.

4. Symonova N.A., Mekhed O.B., Kupchyk O.Y., Tretyak O.P. Toxicants in the degradation of lipids in the organism scaly carp. Ukrainian Journal of Ecology, 2018. Volume 8, No 4. P. 6-10
5. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. UMS. 2002. P. 424–46.

УДК 577:616.379-008.64.615.32:616.

**ПОКАЗНИКИ НІТРАТИВНОГО СТРЕСУ В
ЕРИТРОЦИТАХ КРОВІ ЯК БІОМАРКЕРИ РОЗВИТКУ
ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ У ЩУРІВ ЗА ВВЕДЕННЯ
ЕКСТРАКТИВ ПЛОДІВ РІЗНИХ СОРТІВ ДЕРЕНУ
СПРАВЖНЬОГО (*CORNUS MAS L.*)**

Мороз А. А., Бродяк І. В., Сибірна Н. О.

Львівський національний університет імені Івана Франка
E-mail: Anna.Moroz@lnu.edu.ua

За цукрового діабету (ЦД) для запобігання розвитку оксидативно-нітративного стресу застосовують природні антиоксиданти (вітаміни, біофлавоноїди, антоціани й інші), які допомагають відновити або попередити функціональні порушення в клітинах і тканинах організму [3]. Зважаючи на це, метою роботи було дослідити вплив екстрактів плодів різних сортів дерену, а також їхнього основного іридоїдного глікозиду – логанової кислоти, на активність NO-синтази та рівень стабільних метаболітів оксиду нітрогену (нітрит- і нітрат-аніонів) в еритроцитах периферичної крові щурів зі стрептозотоцин-індукованим ЦД.

У роботі було використано екстракти плодів дерену справжнього сорту “Podolski” (BDPA 10462), стиглі плоди якого мають червоне забарвлення, сортів “Yantarnyi” (BDPA 14131) і “Flava” (BDPA 8795), стиглі плоди яких мають жовте забарвлення [1]. Логанову кислоту екстрагували з жовтих плодів дерену сортів “Yantarnyi” і “Flava” [2].

Дослідження проводили на самцях білих щурів лінії Wistar. Тварини були розподілені на п'ять експериментальних груп: контроль (1); тварини зі стрептозотоцин-індукованим ЦД (2);

тварини з експериментальним ЦД, яким вводили екстракт червоних плодів дерену справжнього, екстракт жовтих плодів дерену та логанову кислоту, відповідно (3–5 групи). Всі досліджувані екстракти вводили перорально у дозі 20 мг/кг маси тіла впродовж 14 днів починаючи з десятого дня після індукції ЦД [1–2]. Діабет індукували одноразовим внутрішньоочеревинним введенням стрептозотоцину (55 мг/кг маси тіла).

Встановлено, що активність NO-синтази в еритроцитах знижується у всіх досліджуваних групах тварин, яким вводили екстракти плодів різних сортів дерену. Найвираженіший ефект у нормалізації досліджуваних біомаркерів нітративного стресу (активність NO-синтази та її ізоформ, вміст нітрит- і нітрат-аніонів) в еритроцитах крові щурів із діабетом демонструє екстракт червоних плодів дерену справжнього. Позитивний ефект щодо пригнічення нітративного стресу виявляє екстракт жовтих плодів *Cornus mas* L., на що вказує зниження активності індукцибельної ізоформи NOS до значень у контрольній групі тварин. Логанова кислота, навпаки, найбільше інгібувала конститутивну ізоформу NO-синтази. Окрім того, екстракт жовтих плодів дерену та логанова кислота знижували рівень нітрат-аніонів і збільшували вміст нітрит-аніонів у еритроцитах щурів з ЦД. Отже, нормалізація біомаркерів нітративного стресу в еритроцитах крові щурів зі стрептозотозин-індукованим діабетом вказує на антиоксидантні властивості екстрактів плодів, зокрема червоних плодів дерену справжнього. В екстракті цих плодів міститься значна кількість біологічно активних речовин, особливо антоціанів [1].

Список літератури

1. Dzydzan O., Bila I., Kucharska A. Z., Brodyak I., Sybirna N. Antidiabetic effects of extracts of red and yellow fruits of cornelian cherries (*Cornus mas* L.) on rats with streptozotocin-induced diabetes mellitus. *Food & Function*. 2019. 10(10). P. 6459–6472. doi: 10.1039/C9FO00515C
2. Dzydzan O., Brodyak I., Sokół-Łętowska A., Kucharska A. Z., Sybirna N. Loganic acid, an iridoid glycoside extracted from *Cornus mas* L. fruits, reduces of carbonyl/oxidative stress biomarkers in plasma and restores antioxidant balance

in leukocytes of rats with streptozotocin-induced diabetes mellitus. *Life*. 2020. 10(12). P. 349. <https://doi.org/10.3390/life10120349>

3. Jasenovec T., Radosinska D., Kollarova M., Balis P., Ferenczyova K., Kalocayova B., Bartekova M., Tothova L., Radosinska J. Beneficial effect of quercetin on erythrocyte properties in type 2 diabetic rats. *Molecules*. 2021. 26. P. 4868. <https://doi.org/10.3390/molecules26164868>

УДК 616.61-008.64-091.8:616.24-008.4]-092.9

**ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ НИРКОВИХ МАРКЕРІВ У КРОВІ
ЩУРІВ ЗА УМОВ ГОСТРОГО РЕСПІРАТОРНОГО
ДИСТРЕС-СИНДРОМУ ТА ЙОГО КОРЕКЦІЇ ЗАСОБАМИ
КЛІТИННОЇ ТЕРАПІЇ**

Палій І.Р., Довгалюк А.І.

Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського

E-mail: palii@tdmu.edu.ua

Гострий респіраторний дистрес-синдром (ГРДС) – важкий стан, пов’язаний із високою смертністю, що визначається гострим початком гіпоксемічної дихальної недостатності [1]. Одним із частих ускладнень ГРДС є гостре ураження нирок, що характеризується раптовою втратою функції нефронів, призводячи до значного погіршення стану хворого і підвищуючи частоту летальних випадків [5]. Сьогодні мезенхімальні стовбурові клітини (МСК) почали активно застосовуватись в клітинній терапії багатьох важких захворювань людини [4]. Терапевтичний ефект МСК переважно зумовлений паракринними впливами цих клітин на пошкоджені тканини і органи. Встановлено, що МСК мають імуномодулюючі, протизапальні, антиоксидантні, антиапоптотичні та репаративні властивості [3]. Тому використання МСК для лікування ниркових уражень при ГРДС може бути перспективною новітньою терапевтичною стратегією для підвищення виживання хворих з цією патологією.

З метою вивчення репаративного впливу МСК людської пуповини на пошкоджену нирку при експериментальному ГРДС нами було змодельовано

респіраторний дистрес у лабораторних щурів, проведено його корекцію стовбуровими клітинами та досліджено зміну біохімічних ниркових маркерів сироватки крові у різні терміни експерименту.

Усі досліді з тваринами проведені з дотриманням вимог Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (ст. 230 від 2006 року), «Загальних етичних принципів експериментів над тваринами», схвалених Національним конгресом з біоетики і узгоджених із положеннями «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують в експериментах та інших наукових цілях» (Страсбург, 1986).

Для експерименту використано 64 здорові статевозрілі щурі-самці лінії Wistar масою 200-220 г, яких рандомізовано розподілили на 8 груп (n= 8). До першої групи (1) належали інтактні тварини. Решта щурів поділили на 3 групи патології без корекції: 3 дні ГРДС (група 2); 7 днів ГРДС (група 3); 28 днів ГРДС (група 4) та 4 групи патології з корекцією: 24 год ГРДС + 2 дні МСК (група 5), 4 дні ГРДС + 3 дні МСК (група 6), 14 днів ГРДС + 14 днів МСК (група 7), 21 день ГРДС + 7 днів МСК (група 8).

Патологію моделювали інтраназальним введенням ліпополісахариду у дозі 5 мг/кг маси тіла щура попередньо знечуленим кетаміном (50 мг/кг маси тіла) тваринам. Суспензію МСК вводили внутрішньоочеревинно ($1 \cdot 10^6$ клітин/кг маси тіла). З експерименту тварин виводили за допомогою термінальної анастезії тіопенталом-Na у дозі 150 мг на щура.

Забір крові щурів здійснювали шляхом пункції серця. Сироватку виділяли шляхом центрифугування крові. Рівні сироваткової сечовини, сечової кислоти, та креатиніну визначали згідно інструкцій виробника за допомогою наборів, (Spinreact, Іспанія). Аналізи проведено на базі міжкафедральної навчально-дослідної лабораторії Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського.

Аналізуючи рівні сечовини, сечової кислоти, та креатиніну в сироватці крові досліджуваних тварин, виявили їхнє підвищення в усіх щурів зі змодельованим ГРДС (групи 2-4).

Концентрація сечовини в крові значно зростала на 3 добу ГРДС (в 1,58 рази), порівняно з контрольним значенням, дещо знижувалась на 7 добу (в 1,4 рази вище контролю) і залишалася стабільно підвищеною до 28 доби експерименту (в 1,7 рази). Натомість рівень креатиніну статистично недостовірно зростав на 3 добу ГРДС (в 1,05 рази), знижувався на 7 добу (в 1,06 рази нижче порівняно з контролем) та набував значення близького до контрольного на 28 добу патології (в 1,03 рази вище контрольного значення). Концентрація сечової кислоти у сироватці крові зростала на 3 добу експерименту (в 1,2 рази) і значно знижувалась на 7 та 28 доби ГРДС (в 1,6 рази та 1,4 рази нижче контрольного значення відповідно). Це свідчить про розвиток ураження нирок. Патологічне зниження рівнів сечової кислоти на 7 та 28 доби свідчить про одночасний розвиток ураження печінки що спричиняє її нездатність перетворювати амінокислоти та аміак у сечовину. У групах корекції МСК (5-8) показники сечовини були стабільно вищі за рівень інтактних тварин (в $\geq 1,5$ рази), але статистично достовірно нижчі від показників відповідних груп ГРДС без корекції (групи 2-4). Показники креатиніну статистично достовірно не відрізнялися від контрольного рівня ($p \leq 0,05$). Показники сечової кислоти були підвищені у групі 5 (24 год + 2 дні МСК) в 1,2 рази порівняно з контрольним рівнем та дещо знижені у решті груп корекції (в $\geq 1,08$ рази нижче контролю). Це свідчить про позитивний вплив МСК на відновлення функцій нирок.

Таким чином результати проведеного біохімічного аналізу крові експериментальних тварин дозволяють стверджувати, що корекція змодельованого ГРДС та його ускладнень за допомогою МСК призводить до покращення функціональних показників нирок. Показано, що термін проведення корекції суттєво не впливає на нефропротекторну дію досліджуваних стовбурових клітин. Наступним етапом наших досліджень планується порівняльне вивчення субмікроскопічних змін у ниркових клітинах при ГРДС та його корекції за допомогою МСК.

Список літератури

1. Lopes-Pacheco M, Robba C, Rocco PRM, Pelosi P. Current

- understanding of the therapeutic benefits of mesenchymal stem cells in acute respiratory distress syndrome. *Cell Biol Toxicol.* 2020 Feb;36(1):83-102. doi: 10.1007/s10565-019-09493-5. Epub 2019 Sep 4. PMID: 31485828; PMCID: PMC7222160.
- Özmert E, Arslan U. Management of retinitis pigmentosa by Wharton's jelly derived mesenchymal stem cells: preliminary clinical results. *Stem Cell Res Ther* 2020;11:25. 10.1186/s13287-020-1549-6 [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
 - Redondo J, Sarkar P, Kemp K, et al.. Dysregulation of mesenchymal stromal cell antioxidant responses in progressive multiple sclerosis. *Stem Cells Transl Med* 2018;7:748–58. 10.1002/sctm.18-0045 [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
 - Shi Y, Wang Y, Li Q, et al.. Immunoregulatory mechanisms of mesenchymal stem and stromal cells in inflammatory diseases. *Nat Rev Nephrol* 2018;14:493–507. 10.1038/s41581-018-0023-5 [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
 - Yang Y, Gao J, Wang S, Wang W, Zhu FL, Wang X, Liang S, Feng Z, Lin S, Zhang L, Chen X, Cai G. Efficacy of umbilical cord mesenchymal stem cell transfusion for the treatment of severe AKI: a protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2022 Feb 21;12(2):e047622. doi: 10.1136/bmjopen-2020-047622. PMID: 35190406; PMCID: PMC8862499.

УДК 577:616-008.64+615

**ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ
ЕРИТРОЦИТІВ ЗА УМОВ ВВЕДЕННЯ ЛІКАРСЬКОГО
ГРИБА *GANODERMA LUCIDUM* (W. CURT.:FR.) P. KARST
ЩУРАМ З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ МЕТАБОЛІЧНИМ
СИНДРОМОМ**

Петрин Т.С., Нагалєвська М.Р., Сибірна Н.О.

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

Метаболічний синдром (MetS) – це захворювання, в основі якого лежать патогенетично взаємозв'язані метаболічні порушення, серед яких є інсулінорезистентність та гіперглікемія.

Еритроцити є найбільш чисельними клітинами крові і саме вони першими реагують на зміни складу плазми крові: тривала гіперглікемія впливає на структурно-функціональний стан цих клітин, а також призводить до неферментативного глікування гемоглобіну [2]. Зростання концентрації глікованого гемоглобіну (HbA1c) зумовлює підвищення спорідненості гемоглобіну до кисню та ускладнює його віддачу в периферичних тканинах [1].

Лікарський гриб *Ganoderma lucidum*, також відомий як *Lingzhi* або *Reishi*, містить широкий спектр біологічно активних компонентів, таких як глікопротеїни, полісахариди та тритерпеноїди, які володіють вираженим гіпоглікемічним ефектом [3,4].

Метою роботи було дослідити вплив водної суспензії, отриманої з ліофільно висушеного водного екстракту міцелію гриба *G. lucidum*, на функціональний стан еритроцитів за вуглевод-індукованого MetS.

Дослідження проводили на білих безпородних щурах самця масою тіла 200–300 г. MetS викликали дієтою з високим вмістом вуглеводів: протягом 42 діб тварини споживали 10 % розчин фруктози замість питної води. Щурі рандомно було поділено на чотири групи: 1) контрольні тварини (C); 2) контрольні тварини, яким протягом 14 діб вводили суспензію екстракту міцелію гриба *G. lucidum* (C+G); 3) тварини з експериментальним MetS (MetS); 4) тварини з MetS, яким протягом 14 діб вводили досліджувану суспензію (MetS+G). Тварини 3-ої та 4-ої групи продовжували споживати розчин фруктози протягом всього експерименту.

Не зважаючи на те, що MetS характеризувався збільшенням кількості еритроцитів на 14,7 %, ми спостерігали значне зниження концентрації гемоглобіну на 28,2 %, тому для більш детальної оцінки рівня гіпоксії нами було проведено дослідження спорідненості гемоглобіну еритроцитів до кисню. Аналіз графіків кривих дисоціації оксигемоглобіну свідчить про те, що за MetS відбувається збільшення спорідненості гемоглобіну до кисню на 9 % порівняно з контролем. Зміна положення кривих дисоціації оксигемоглобіну ліворуч свідчить про наявність в організмі гіпоксичного стану і це узгоджується з отриманими результатами концентрації гемоглобіну. За цих же умов було встановлено

підвищення вмісту глікованого гемоглобіну на 29,5 %, що вказує на інтенсифікацію процесів неферментативного глікування білків за умов MetS. Натомість введення гриба призводить до повернення всіх досліджуваних показників до норми. Також MetS супроводжувався підвищенням вмісту лужнотійкого гемоглобіну на 17,6 % щодо контролю, а введення екстракту тваринам з патологією характеризувалося зниженням цього показника на 41,8 %.

Отримані результати демонструють коригуючий вплив екстракту міцелію гриба *G. lucidum* на функціональний стан еритроцитів, про що свідчить зниження рівня глікованого гемоглобіну, та відновлення їхньої кисеньтранспортної функції, на що вказує зміна показника P50 кривих дисоціації оксигемоглобіну. Узагальнюючи наші результати, можна стверджувати про високий потенціал використання цього гриба для корекції патологічних станів, що супроводжують розвиток MetS.

Список літератури

1. Pu LJ., Shen Y., Lu L., Zhang RY., Zhang Q., Shen WF. Increased blood glycohemoglobin A1c levels lead to overestimation of arterial oxygen saturation by pulse oximetry in patients with type 2 diabetes. *Cardiovasc Diabetol.* 2012. Vol.11.
2. Wang Y., Yang P., Yan Z., Liu Z., Ma Q., Zhang Z., Wang Y., Su Y. The relationship between erythrocytes and diabetes mellitus. *J Diabetes Res.* 2021.
3. Xu Y., Zhang X., Yan X.-H., Zhang J.-L., Wang L.-Y., Xue H., Liu X.-J. Characterization, hypolipidemic and antioxidant activities of degraded polysaccharides from *Ganoderma lucidum*. *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. Vol. 135. P. 706–716.
4. Yang Z., Wu F., He Y., Zhang Q., Zhang Y., Zhou G., Yang H., Zhou P. A novel PTP1B inhibitor extracted from *G. lucidum* ameliorates insulin resistance by regulating IRS1-GLUT4 cascades in the insulin signaling pathway. *Food Funct.* 2018. Vol. 9, № 1. P. 397–406.

УДК 546.742 : 574.5

**ВМІСТ НІКЕЛЮ В ПРІСНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ ТА
ЙОГО БІОЛОГІЧНА РОЛЬ В ОРГАНІЗМІ РИБ**

**Петрушка Б.М., Козловський М. А., Хоменчук В.О.,
Курант В.З.**

Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

E-mail: bodik_p@ukr.net

Хімічний склад поверхневих вод формується під впливом сукупності природних та антропогенних чинників, які впливають на протікання в цих водах різноманітних процесів.

Серед найбільш поширених токсичних речовин у прісних водоймах чільне місце належить важким металам. Характерною особливістю їх іонів є те, що вони не руйнуються в природних умовах, а лише змінюють форму знаходження, поступово накопичуючись в різних компонентах екосистем [3].

Функціонально сполуки металів відіграють важливу роль у життєдіяльності всіх організмів, включно риб [8, 12]. Входячи до складу багатьох органічних речовин, або вступаючи з ними у взаємодію, вони впливають на перебіг багатьох біохімічних процесів у живому організмі.

Нікель – біологічно активний метал, який міститься в живих організмах в незначних кількостях, але відіграє у їх життєдіяльності важливу роль.

Вміст цього металу в земній корі складає $8 \cdot 10^{-3}$ % по масі [3]. В природних умовах нікель зустрічається головним чином у вигляді сполук з миш'яком та сіркою. Це такі мінерали як купфернікель NiAs, залізонікелевий колчедан $(\text{FeNi})_9\text{S}_8$, миш'яковонікелевий блиск NiAsS та інші.

В незабруднених та слабозабруднених поверхневих прісних водах концентрація нікелю коливається від 0,8 до 10 мкг/л [3]. В забруднених водоймах цей показник може складати декілька десятків мікрограмів в 1 літрі [9]. Присутність нікелю в природних водах вивчена досить мало. Серед чинників, які впливають на токсичність нікелю для риб, є жорсткість води, рН, вміст завислих речовин, солоність, вид риб та стадія їх розвитку [4]. Висока жорсткість води і наявність в ній хелатів зменшують

ступінь отруйності елементу. У морських водах нікель набагато менш токсичний, ніж у прісних, що пояснюється, очевидно, властивістю деяких елементів (зокрема іонів натрію, кальцію і магнію) конкурувати з нікелем за фізіологічно активні місця зв'язування, що знаходяться в зябрах риб та зниженням біологічної цінності нікелю в присутності цих металів [6]. Подібним можна пояснити зменшення токсичності нікелю в жорсткій воді. Нікель для риб є менш токсичним, ніж мідь, цинк, свинець та інші метали [1]. Клінічними проявами отруєння лососевих риб є підвищене слизовиділення в зоні зябер та потемніння тіла.

Гостра дія нікелю призводить до змін в іонообміні в організмі риб. Витримування райдужної форелі у воді за концентрації нікелю 12,9 мг/дм³ протягом 96 год супроводжувалося реабсорбцією катіонів нікелю нирками, що вело до зниження його вмісту в плазмі крові [2]. Високі концентрації нікелю також підвищують протиолітичні процеси в зябрах та нирках риб, пов'язані з оксидативними ушкодженнями лізосомальних мембран, внаслідок чого відбувається зниження вмісту білків у вказаних органах [11]. Вплив нікелю призводить до зниження виходу ембріонів, виживання, темпу росту молоді, плодючості лососевих риб. За концентрації металу понад 0,38 мг/дм³ ембріони і личинки райдужної форелі зазнавали тератогенного впливу із зниженням викльову ікринок більш ніж на 50 % [4].

Лососеві риби, піддані дії хронічних концентрацій нікелю, зазнають порушень функціонування кровоносної системи. Так, у райдужної форелі, яку витримували до 60 годин в жорсткій воді при рН 7,9 із вмістом металу на рівні 15,6 мг/дм³, помічено збільшення гематокриту і кількості лактату в плазмі, а також зниження рівня гемоглобіну в селезінці. Подібні зміни пов'язують з реакцією організму риб на гіпоксію. Сублетальні концентрації нікелю провокують також порушення вуглеводного і білкового обмінів [11].

У 7-денних дослідах з лососевими рибами із впливу різних концентрацій хлористого нікелю за температури 14-16°C виявлені токсичні дози елементу: для райдужної форелі довжиною 6 см і масою 3 г – 25 мг/дм³, для струмкової форелі довжиною 8 см і

масою 5 г – 30 мг/дм³ [2]. З лососевих риб сига є більш стійкими до впливу нікелю, ніж атлантичний лосось. Аналіз результатів досліджень із впливу високих концентрацій сполук нікелю на лососевих дає підставу вважати менш резистентними ранні стадії розвитку риб [5].

Слід також відмітити значні морфологічні та гістохімічні зміни тканин риб за умов хронічного впливу нікелю. Так, у сигів спостерігаються епітеліальні деградації, збільшення частоти пікнозу, некрозу та пошкоджень епітелію, а також зміни в гепатоцитах, клітинна вакуолізація в печінці, некроз жовчних проток. В ембріональний період на стадії жовтково-печінкового кровообігу розвитку сига нікель за його концентрації у розчині 0,01 мг/дм³ призводив до гістологічних змін в паренхімі печінки, аномальних мітозів, що вело до функціональних порушень печінки риб в подальші періоди життя [5]. При вивченні сублетальних впливу сублетальних концентрацій нікелю на дихальну систему райдужної форелі виявлено значне пригнічення дифузійної здатності зябер вже на початку впливу [7].

За екскрецію нікелю в організмі риб відповідають кишківник, і меншою мірою – нирки. Печінка, жовчний міхур, так само як і зябра, відіграють в даному процесі другорядну роль [11]. Детоксикація металу здійснюється за допомогою клітинних підсистем, що включають металотіонеїни, лізосоми, мембранозв'язані везикули і гранули. Крім того, зафіксовано видалення надлишку нікелю в нечутливі тканини – кісткову та лускову [10].

На поведінковому рівні риб за дії високої концентрації нікелю у воді відзначаються порушення локомоторних функцій (гіпо- і гіперактивність), реакцій на важливі хімічні сигнали (сприйняття феромонів, харчових сигналів тощо). Разом з тим спостерігається поведінка спрямована на уникнення токсиканта [11].

Загалом можна зазначити, що біологічна активність нікелю в організмі риб залежить як від фізико-хімічних особливостей водного середовища, хімічної активності іону металу, так і від фізіолого-біохімічних властивостей організму риб. Подальше вивчення впливу різних концентрацій іонів нікелю на організм гідробіонтів має важливе як теоретичне, так і практичне

значення.

Список літератури

1. Грициняк І.І., Колесник Н.Л. Біологічне значення та токсичність важких металів для біоти прісноводних водойм. Рибогосподарська наука України. 2014. №2. С. 31-45.
2. Грициняк І.І., Янович Д.О., Швець Т.М. Екотоксикологія лососевих риб. Київ : Вид-во ТОВ «ДІА», 2015. 472 с.
3. Линник П.Н, Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1986, 241 с.
4. Birge W.J., Black J.A. Nickel in the Environment. N.Y.: John Wiley and Sons, 1980. P. 349-366.
5. Buhl K.J., Hamilton S.J., Relative sensitivity of early life stages of Arctic grayling coho salmon and rainbow trout to nine inorganics. Ecotoxicol. Environ. Sof. 1991. V.22. P. 184-197.
6. Hall I.W., Anderson R.D. The influence of salinity on the toxicity of various classes of chemicals to aquatic biota. Crit. Rev. Toxicol. 1995. V.25. P. 281-346.
7. Hughes G.M., Perry S.F., Brown V.M. A morphometric study of effect of nickel, chromium and cadmium on the secondary lamellae of rainbow trout gills. Wat. Res. 1979. Vol.13. P. 665-679.
8. Moore J. W., Ramamoorthy S. Heavy metals in natural waters. Berlin Heidelberg New York: Springer. 1984. 270 p.
9. Nriagu J.O., Wong H.K.T., Coker R.D. Deposition and chemistry of pollutant metals in lakes around the Smelters at Sudbury, Ontario. Environ. Sci. Technol. 1982. 16. N9. P. 551-560.
10. Ptashynski M.D., Klaverkamp J.F. Accumulation and distribution of dietary nickel in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). Aquat. Toxicol. 2002. Vol. 58. P. 249-264.
11. Pyle G., Couture P. Nickel. Homeostasis and toxicology of essential metals. Lomdon, Waltham, San Diego, Academic Press. 2012. P. 253-289.
12. Williams D. Metals of Life: The Solution Chemistry of Metal Ions in Biological Systems. Van Nostrand Reinhold Inc., U.S. 1971. 168 p.

УДК 616-01/-099:577.121:541

**ПРОТИВІКОВІ І ТЕРАПЕВТИЧНІ ЕФЕКТИ
МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ**

Покотило О.С., Боднарчук Г.Р.

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

E-mail: Pokotylo_oleg@ukr.net

В основі старіння лежить ряд захворювань людини, включаючи атеросклероз, рак, серцево-судинні захворювання, метаболічний синдром, деменцію, гіпертонію, нейродегенеративні та інші захворювання. Очевидно, це є біосоціальною проблемою. Щоб допомогти людям похилого віку якомога довше підтримувати своє здоров'я та справлятися із постійно зростаючою інтенсивністю життя важливо покращити профілактику та контроль вікових розладів. В цьому плані дієта – це корисний і недорогий підхід, який допомагає людям похилого віку жити довше та бути здоровішими. Старіння в сприятливих умовах за правильних підходів забезпечує умовно здорове довголіття. Старіння характеризується накопиченням зруйнованих нуклеїнових кислот, білків і ліпідів, що утворюються в результаті молекулярного пошкодження. Вільно-радикальна теорія старіння давно визнана домінуючою серед теорій, що пояснюють процес старіння. Старіння відбувається, коли кілька захисних механізмів не реагують на пошкодження, спричинене активними формами кисню (АФК), особливо в мітохондріях. Ключовими причинами пошкоджень, спричинених старінням, є неефективність і нездатність шляхів захисту та оновлення організму на всіх рівнях. Старіння напряму пов'язане порушенням водного балансу та робить людей похилого віку більш уразливими при зневодненні. Вода становить 50-70% маси тіла людини і необхідна для життя і здоров'я людини. Із віком вміст води в організмі зменшується також, що є причинно-наслідковим фактором старіння. З'являється все більше доказів того, що навіть легке зневоднення (визначається як втрата маси тіла на 1-2% через дефіцит рідини) може призвести до різних вікових захворювань, включаючи артрит, катаракту, остеопороз,

діабет 2 типу, гіпертонію та хворобу Альцгеймера та інші захворювання. Тип води, що подається як питна, відіграє важливу роль у визначенні питань безпеки та здоров'я населення, проте якість водопровідної води продовжує викликати стурбованість громадськості, а деякі країни вимагають відступу від європейських стандартів якості води. Підземні води є найбільш цінним і важливим ресурсом прісної води на Землі.

В даний час доведено, що молекулярний водень (H_2) вибірково гасить токсичні АФК і має антиапоптозну, антиоксидантну, протизапальну та протиалергічну дію. H_2 нещодавно вивчався в доклінічних і клінічних дослідженнях за різних патологічних станів, пов'язаних з окислювальним і запальним стресом, таких як серцева недостатність внаслідок опромінення, ішемія-реперфузія, інфаркт міокарду, інфаркт мозку, рак, зберігання та трансплантація серця [1, 2, 4]. Збагачена воднем вода нещодавно з'явилася на світ як новий дієтичний напій, який може покращити деякі характеристики, пов'язані зі старінням. У клінічних дослідженнях підтверджено як воднева вода зменшує прояв запальних реакцій, що може допомогти запобігти запрограмованій смерті клітин [2], покращити метаболізм поживних речовин, зменшити зморшки та підвищити деякі фізіологічні функції [3]. Було виявлено, що японські довгожителі мають більш високий рівень газу H_2 у видихуваному повітрі, що вказує на те, що кишкове виробництво газу H_2 могло надати їм довголіття та зменшити окислювальний стрес [2, 3]. В іншому дослідженні вказано, що вироблення газу H_2 в кишечнику є очевидною причиною збільшення тривалості життя. Серцево-судинні та онкологічні захворювання, які є основною причиною захворюваності та смертності в усьому світі, що становить понад 93% [1]. Патологічні розлади, такі як серцевий фіброз, ураження печінки, захворювання нейронів і діабет, причинно пов'язані з вільними радикалами, були досліджені на предмет захисних ефектів H_2 і отримано позитивні результати. Ішемія та подальша реперфузія серця є іншими розладами, при яких утворюється велика кількість вільних радикалів, що пошкоджують тканини [1]. Одне дослідження показало, що вживання водневої води впродовж 6

місяців сприятливо вплинуло на різні вікові аспекти, включаючи загальний біль, довжину теломер і метаболізм у мозку. Також воднева вода покращила якість сну. Повідомлялося, що підвищене утворення газу H_2 у кишечнику залежить від присутності неперетравлених вуглеводів і бактерій, що виробляють водень, на які впливають деякі умови навколишнього середовища. На даний момент опубліковано понад тисячу рецензованих дослідницьких робіт, що демонструє широкий інтерес до біомедичних досліджень H_2 .

Список літератури

1. Ram B. Singh, Zuzana Sumbalova, Ghizal Fatima, Viliam Mojto, Jan Fedacko, Alex Tarnava, Oleg Pokotylo, Anna Gvozdjakova, Kristina Ferenczyova, Jana Vlkovicova, Branislav Kura, Barbora Kalocayova, Pavol Zenuch, Jan Slezak. Effects of Molecular Hydrogen in the Pathophysiology and Management of Cardiovascular and Metabolic Diseases // *Rev. Cardiovasc. Med.* 2024. 25(1). P. 33. doi.org/10.31083/j.rcm2501033.
2. Redox-Mechanisms of Molecular Hydrogen Promote Healthful Longevity. Md. Habibur Rahman, Eun-Sook Jeong, Hae Sun You, Cheol-Su Kim, Kyu-Jae Lee // *Antioxidants*. 2023. 12. 5. P. 988; <https://doi.org/10.3390/antiox12050988>
3. Покотило О. О., Покотило О. С., Корда М. М. Ефекти біологічної дії молекулярного водню // *Медична та клінічна хімія*. 2023. Т. 25. № 2. С. 102-121.
4. Покотило О. С., Корда М. М., Кравчук Ю. С. Роль молекулярного водню і оксиду азоту в патогенезі COVID-19 // *Медична та клінічна хімія*. 2021. Т. 23. №1. С. 93–100. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2021.i1.12119>
5. Покотило О.С. Воднева вода в лікуванні і профілактиці раку. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023, 326 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ГУСТОГО ЕКСТРАКТУ З КАННИ
САДОВОЇ ЛИСТЯ ЗА УМОВ ТОКСИЧНОГО ГЕПАТИТУ У
ЩУРІВ**

Страшкулич В.С., Бойко Л.А.

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

E-mail: bojko@tdmu.edu.ua

На даний час існує багато факторів, що викликають захворювання печінки, зокрема вплив навколишнього середовища, спосіб та темп життя сучасної людини та токсичність лікарських засобів [1]. Тому, актуальним залишається пошук нових лікарських засобів із гепатопротекторними властивостями. Лікарські рослинні засоби мають широкий спектр фармакологічної активності та діють полівалентно. До їх складу входять природні сполуки, які мають високу спорідненість із людським організмом та характеризуються низьким ступенем токсичності та алергенності [2].

Як модельний експеримент для вивчення гепатопротекторних властивостей лікарських засобів використовують ураження печінки тетрахлорметаном, що призводить до активації вільнорадикальних процесів, нагромадження в організмі ендогенних токсинів, які чинять токсичний вплив на стан плазматичних мембран гепатоцитів.

Метою роботи було дослідити активність органоспецифічних ензимів печінки за умов ураження щурів тетрахлорметаном.

Експерименти проведені на 42 білих щурах, які утримувались на стандартному раціоні віварію ТНМУ. При дослідженнях на щурах дотримувались усіх правил роботи з хребетними тваринами [3]. Тварини були розділені на 4 групи: 1-а – контрольні тварини; 2-а – тварини, уражені тетрахлорметаном (50 % олійний розчин) в дозі 1,0 мл/кг маси тіла (дворазово –

через день), шлях введення – внутрішньоочеревинно; 3-я – уражені тварини тетрахлорметаном та ліковані густим екстрактом з листя канни в дозі 150 мг/кг маси тіла, шлях введення – інтрагастрально; 4-а - уражені тварини тетрахлорметаном та ліковані силібором в дозі 50 мг/кг маси. Стан плазматичних мембран гепатоцитів оцінювали за активністю внутрішньоклітинних ензимів – амінотрансфераз [4].

На четвертий та та сьомий день від останнього введення тетрахлорметану тварин піддавали евтаназії з використанням тіопенталу натрію.

При ушкодженні печінки тетрахлорметаном активність амінотрансферез в сироватці крові значно зростає, що вказує на розвиток цитолітичного процесу в даному органі і вихід органоспецифічних ензимів у кров.

Проведені дослідження показали, що при розвитку модельного токсичного гепатиту у сироватці крові спостерігалось достовірне зростання активності АлАТ відносно контрольних тварин протягом усього експерименту. На 7-му добу після отруєння тетрахлорметаном активність АлАТ зросла в 1,9 раза, порівняно з контрольною групою тварин. Застосування досліджуваного екстракту призвело до зниження даного показника на 69 %. Активність АлАТ у сироватці крові лікованих силібором шурів знизилась у 1,7 раза відносно групи уражених тварин.

Аналогічні зміни відмічені і для АсАТ, активність якої після ураження вірогідно зростала ($p \leq 0,05$), та на кінець експерименту збільшилась на 61% . Після використання коригуючих чинників активність ензиму знижувалась у сироватці крові. Ефективність екстракту більше проявилась у останній термін дослідження.

Після ураження шурів тетрахлорметаном у печінці різко знижується активність АлАТ та АсАТ, що підтверджує цитоліз гепатоцитів в умовах токсичного ураження печінки гепатотропною отрутою.

На кінець експерименту активність АлАТ та АсАТ у печінці після дії ксенобіотика знизилась в 1,5 раза.

Досліджуваний екстракт з листя канни садової ефективно вплинув на активність обох ензимів через 7 днів від початку ураження, підвищуючи її порівняно з ураженими тваринами. Активність АлАТ у цей термін підвищилася у 1,2 раза, АсАТ – у 1,3 раза. Силібор вірогідно підвищував активність амінотрансфераз в обидва терміни дослідження.

Застосування екстракту призвело до відновлення проникності мембран гепатоцитів, що вказує на мембранопротекторний вплив даного фармакологічного препарату. Ефективність використаного нами екстракту з листя канни дозволила підтвердити його властивості, через які на нашу думку, реалізується гепатопротекторний вплив даного засобу на печінку.

Список літератури

1. Гудивок Я .С., Шеремета Л. М., Аравіцька М. Г., Кукурудз Н. І. Вплив препаратів із гепатопротекторною дією на процеси обміну речовин в умовах експериментальних токсичних гепатитів. *Фармацевтичний часопис*. 2014. №4. С.118-121.
2. Громовая В. Ф., Шаповал Г. С., Миронюк И. Е. Антиоксидантные свойства лекарственных растений. *Химико-фармацевтический журнал*. 2008. Т. 42, № 3. С 26-29.
3. Gross D., Tolba R. Ethics in Animal-Based Research. *Eur. Surg. Res.* 2015. Vol. 55, Issue 1-2. С. 43 – 57.
4. Влізло В.В., Федорук Р.С., Ратич І.Б. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник. *Львів: СПОЛОМ*. 2012. 764 с.

UDC 577/504:57.04(594)

**EVALUATION OF CELLULAR STRESS RESPONSE IN
BIVALVE MOLLUSK *U. TUMIDUS* EXPOSED TO MIXTURE
OF WATERBORNE PHARMACEUTICALS AND
GLYPHOSATE-BASED HERBICIDE**

**Ahmed Mohamed¹, Khoma Vira², Yunko Kateryna³, Martyniuk
Viktoriia⁴, Matskiv Tetiana¹, Gnatyshyna Lesya¹, Stoliar Oksana³**

¹I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil,
Ukraine

²Ternopil Scientific Research Forensic Center of the Ministry of
Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine

³Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
Ternopil, Ukraine

⁴Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine
E-mail: gnatyshynall@tdmu.edu.ua

The common use of different xenobiotics, such as pharmaceuticals, personal care products, pesticides, metals and their combination with heating waves has increased the outpouring of emerging contaminants into wastewater. It is well-known that pharmaceuticals constitute a significant class of aquatic contaminants and can seriously threaten the health of aquatic organism [3]. In addition, eliminating these chemicals can pose a challenge due to their typically low concentrations, their poor degradation, higher consumption rates and the inability to be removed by the conventional sewage treatment plants. Analysis of different pharmaceutical categories in the influent revealed that non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) were the predominant category. Among them, diclofenac (Dcf) is listed as emerging pollutants in surface water in Europe according to the recent Directive 2020/1161 EU and also considered as one of the most frequently reported contaminants of emerging concern in Ukraine [5]. However, there has been limited research on the combined effects of Dcf along with other year-round use organic compounds, for instance, pharmaceuticals or/and pesticides that may leads to the creation of a novel potential contaminant.

Bivalves, a diverse group of mollusks, have recently gained significant importance in various biological and ecotoxicological

research fields because of their unique life history traits: filter feeding capacity, limited mobility and their sedentary lifestyle, etc. It makes them good candidates as promising model organisms for biomonitoring environmental health hazards in aquatic ecosystems, especially in the monitoring of pharmaceuticals to observe the changes in the concentration and distribution of these compounds [4]. Furthermore, environmental conditions, such as temperature, can impact both the chemical and biological characteristics of pharmaceuticals, including their metabolism and toxicity [2]. Therefore, our research is focused on the evaluation of cellular stress response in freshwater bivalve mollusk exposed to mixture of waterborne pharmaceuticals and glyphosate-based herbicide.

Thus, in our study we used model xenobiotics to elucidate the characteristics of the cellular stress response in concentration close to environmentally realistic conditions of exposure and were correspondent to the levels indicated in the effluents of the municipal sewage treatment plants. With this aim we treated the bivalve mollusk *Unio tumidus* (Philipsson, 1788) with the mixture containing of diclofenac (Dcf, Diclofenac-Darnitsa, 2 nM), a dihydropyridine calcium channel blocker nifedipine (Nf, Nifedipinum Retard-Darnitsa, 2 nM) and herbicide Roundup with active ingredient glyphosate (Rn, formulation Roundup MAX, Monsanto, USA, 33.8 $\mu\text{g L}^{-1}$, corresponding to 80 nM of glyphosate) separately and in a mixture at 18°C (Mix) and 25°C (MixT) during 14 days.

The Integrated Biomarker Index (IBR) was calculated according to the indices of antioxidant defense system (superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activities, the level of reduced/oxidized glutathione (GSH/GSSG), the content of lipid peroxidation (TBARS) and protein carbonyls (PC)), biomarkers of toxicity (lysosomal membrane stability (NRR), caspase-3 (Cas-3) and cathepsin D (lysosomal, CtDL, and its efflux, CtDe) activities, metallothionein (MTSH) level, metals content and their ration Zn/Cu [1]:
$$\text{IBR} = (\text{SOD} \cdot \text{TBARS} + \text{TBARS} \cdot \text{PC} + \text{PC} \cdot \text{GSH} + \text{GSH} \cdot \text{GSSG} + \text{GSSG} \cdot \text{MTSH} + \text{MTSH} \cdot \text{NRR} + \text{NRR} \cdot \text{CtDI} + \text{CtDI} \cdot \text{CtDe} + \text{CtDe} \cdot \text{Cas3} + \text{Cas3} \cdot \text{Zn/Cu} + \text{Zn/Cu} \cdot \text{SOD}) / 2.$$

The obtained data show that the response to the mixture at 18°C (Mix) is more similar to the action of the individual pharmaceuticals (Dcf and Nf), while the general responses to the effect of the mixture

at 25°C corresponds to the Rn impact, mainly due to the ratio of Zn/Cu in the MixT-group and the MT reaction in Rn-group. However, both parameters are related to the metabolism of essential metals zinc and copper in the tissue.

According to the results of group identification using Canonical Discriminant Analysis, it is observed that discriminant variables of Rn-, Mix- and MixT-groups are well separated from the set of C-, Dcf- and Nf-groups. In addition, the last three groups are also separated within the used parameter set by their centroids located along the Function 2 axis (-5.240 (C), -3.744 (Dcf) and -2.782 (Nf)). Therefore, according to the sum of the determined indices, the action of Dcf and Nf has the least effect on the cellular response of the mollusk, while the Rn- and MixT-exposed groups, especially at 25°C, are clearly localized at a considerable distance from the others. This distribution demonstrates the predominant role of the effect of 80 nM glyphosate in the mixture and the presence of a cumulative effect, especially for MixT-group at 25°C, which enhances the effect of individual components.

In conclusion, the complex impact of pharmaceuticals/herbicide mixture and heating caused some specific effects that are more severe and opposite to those indicated in all other individual exposures.

Acknowledgments. This work has been granted by award of Ministry of Education and Science of Ukraine to Oksana Stoliar (bilateral Ukraine-Lithuania scientific projects in 2021 and 2024 yy).

List of references

1. Beliaeff B., Burgeot T. Integrated biomarker response: a useful tool for ecological risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2022. Vol. 21(6), P. 1316–1322.
2. Fabbri E., Franzellitti S. Human pharmaceuticals in the marine environment: Focus on exposure and biological effects in animal species. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2016. Vol. 35(4), P. 799-812.
3. Hejna M., Kapuścińska D., Aksmann A. Pharmaceuticals in the aquatic environment: a review on eco-toxicology and the remediation potential of algae. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19(13), P. 7717.
4. Khan B., Ho K.T., Burgess R.M. Application of biomarker

tools using bivalve models toward the development of adverse outcome pathways for contaminants of emerging concern. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2020. Vol. 39(8), P. 1472–1484.

5. Vystavna Y., Frkova Z., Celle-Jeanton H., Diadin D., Huneau F., Steinmann M., Crini N., Loup C. Priority substances and emerging pollutants in urban rivers in Ukraine: Occurrence, fluxes and loading to transboundary European Union watersheds. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 637–638, P. 1358–1362.

UDC 577.151.6:582.573.16

**THE INFLUENCE OF GERMINATION ACTIVATION ON
THE CHANGE OF THE PROOXIDANT-ANTIOXIDANT
BALANCE IN THE TISSUES OF LILIOPSISIDA**

Bobrova M.S.

Central Ukrainian State University named after Volodymyr
Vynnychenko

E-mail: kazna4eeva@gmail.com

Relevance of research. The research of changes in the state of the components of the pro-oxidant-antioxidant system (PAS) that initiate the process of seed germination opens the prospect of the possibility of regulating and correcting this stage of plant ontogenesis, increasing the germination and friendliness of crops, is especially relevant and economically justified in the conditions of intensification of crop production [1-3].

Aim of the research: to identify changes in the value of indicators of the state of the prooxidant-antioxidant system (PAS) in the tissues of monocotyledonous plants at rest and the initiation of its germination processes..

Methodology. Quantitative determination of indicators of the state of PAS was performed on tissue samples of seeds of the following plants: *Panicum miliaceum L.*, *Oryza sativa L.*, *Avena sativa L.*, *Zea mays L.*, *Hordeum vulgare L.*, *Triticum durum Desf.* The concentration of superoxide anion radical ($\bullet\text{O}_2^-$), TBA-active products, cytochrome oxidase activity, superoxide dismutase activity, catalase, the concentration of ascorbic acid, glutathione was

determined [1].

Analyzing the **results** of the research of PAS of Liliopsida, it can be argued that the initiation of germination causes an increase in the level of $\bullet\text{O}_2^-$ generation in the tissues of *Panicum miliaceum L.* by 38,67%, in the tissues of *Oryza sativa L.* – by 88,97%, *Zea mays L.* – 42,14%, *Avena sativa L.* – 72,14%, *Hordeum vulgare L.* – 36,36%, *Triticum durum Desf.* – by 24,39%. The largest increase in the level of $\Delta\text{TBA}_{\text{ap}}$ is characteristic of *Triticum durum Desf.* (26,11%), the least - for *Avena sativa L.* (6,09%). Germination initiation increases the activity of cytochrome oxidase in the tissues of *Avena sativa L.* by 46,02%, *Panicum miliaceum L.* by 6,99%, in the tissues of *Oryza sativa L.* – by 61,80%, *Zea mays L.* – 11,42%, *Hordeum vulgare L.* – 22,16%, *Triticum durum Desf.* – at 5,18%. Catalase activity is enhanced in experimental plants by the following values: *Avena sativa L.* by 75,79%, *Panicum miliaceum L.* by 21,04%, in tissues of *Oryza sativa L.* – by 105,13%, *Zea mays L.* – 29,99%, *Hordeum vulgare L.* – 42,62%, *Triticum durum Desf.* – at 33,91%. By increasing the growth of SOD experimental plants can be placed in the following order: *Panicum miliaceum L.* (15,11%), *Zea mays L.* (23,20%), *Triticum durum Desf.* (30,40%), *Hordeum vulgare L.* (38,46%), *Avena sativa L.* (86,03%), *Oryza sativa L.* (91,07%). Analyzing the content of low molecular weight antioxidants, it should be noted that the concentration of ascorbate in the seed tissues of experimental Liliopsida plants is on average 1,96 times lower than in Magnoliopsida. Oats *Avena sativa L.*, *Oryza sativa L.*, and *Zea mays L.* have the highest background level of AA, *Panicum miliaceum L.* has the lowest.

Activation of germination processes increases the amount of ascorbate in the tissues of *Avena sativa L.* by 15,34 times, *Hordeum vulgare L.* by 9,86, *Zea mays L.* – by 8,15 times, *Triticum durum Desf.* – 8,06 times, *Oryza sativa L.* – 5,23 times. The smallest increase in the concentration of AA has *Panicum miliaceum L.*, which is 2,74 times. The content of GSH has a similar tendency, so the average concentration of GSH in the tissues of experimental Magnoliopsida is 1,49 times higher than in Liliopsida. The maximum value of the indicator for dormant seeds recorded for *Avena sativa L.*, the minimum – for *Zea mays L.* Activation of germination processes increases the amount of GSH in the tissues of *Avena sativa L.* by

16,04%, *Hordeum vulgare* L. – by 14,29%, *Zea mays* L. – by 13,48%, *Triticum durum* Desf. – by 11,23%, *Oryza sativa* L. – 11,76%. The smallest increase in the concentration of GSH has *Panicum miliaceum* L., which is 7,81%. As a result of the analysis of changes in the amount of low molecular weight AO, it can be assumed that when activating the processes of germination of AA seeds has a more protective value compared to GSH. The increase in the concentration of AA is more species-specific, while for GSH is more uniform.

Conclusions: the activation of germination caused an increase in the value of the experimental average PAS as follows: for the generation of $\bullet\text{O}_2^-$ growth is 41,47%, for ΔTBAap – 21,64%, for SOD – 58,62%, catalase – 68,37%, AA – 817.11% (9,17 times), GSH – 12,58%, cytochrome oxidase – 56,02%.

References

1. Baiano A., del Nobile M.A. Antioxidant compounds from vegetable matrices: Biosynthesis, occurrence, and extraction systems. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2015. № 56. P. 2053–2068.
2. Bobrova, M., Holodaieva O., Koval S., Kucher O., Tsviakh O. The effect of hypothermia on the state of the prooxidant-antioxidant system of plants. *Revista de la Universidad del Zulia.* № 33. 2021. P. 82-101.
3. Xu, D.-P.; Li, Y.; Meng, X.; Zhou, T.; Zhou, Y.; Zheng, J.; Zhang, J.-J.; Li, H.-B. Natural Antioxidants in Foods and Medicinal Plants: Extraction, Assessment and Resources. *Int. J. Mol. Sci.* 2017. № 18. P. 96.

**MULTI-MARKER APPROACH FOR THE EVALUATION OF
NEUROLEPTIC CHLORPROMAZINE ENVIRONMENTAL
TOXICITY UTILIZING BIVALVE MOLLUSCS AS
BIOINDICATORS**

**Yunko Kateryna¹, Impellitteri Federica², Martyniuk Viktoriia⁴,
Multisanti Cristiana Roberta², Gnatyshyna Lesya⁵, Zabolotna
Maryna¹, Khoma Vira⁶, Matskiv Tetiana⁵, Gylte Brigita³,
Bednarska Inna¹, Panasiuk Iryna¹, Tymkiv Arsen¹, Mazepa
Mariia¹, Lehkyi Volodymyr¹, Zabolotna Olena¹, Manusadžianas
Levonas³, Faggio Caterina², Stoliar Oksana¹**

¹ Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
Ternopil, Ukraine

² University of Messina, Messina, Italy

³ Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania

⁴ Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

⁵ I. Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil,
Ukraine

⁶ Ternopil Scientific Research Forensic Center of the Ministry of
Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine

E-mail: yunkokateryna@tnpu.edu.ua

Due to the extensive use, pharmaceuticals belong to the micropollutants of emerging concern in the surface waters [5]. They enter water bodies through inadequately purified wastewater from various sources, particularly hospitals. Among them, antipsychotic drugs have garnered special attention. The first-generation or "typical" neuroleptics that are used to treat symptoms of plural psychiatric disorders are known as a 'dirty drugs' [2], because, according to complex pharmacological profile, they realize the effect on receptors common to various phyla. Chlorpromazine (Cpz) is one of the most popular drugs in this group. Moreover, its utilizing has a tendency to increase due to its potential as an anti-cancer agent and antiviral activity against SARS-CoV-2. The scant known investigations detected its adverse effects on the aquatic species and accumulation in their organisms [1].

Bivalve molluscs are recognized as bioindicators of surface water pollution. Their sessile filter-feeding lifestyle enables them to

concentrate xenobiotics. However, the bioindication of pharmaceuticals is mainly focused on the oxidative stress effects, which may occur as non-specific side effects following exposure independently on the substance. Therefore, more information is needed on the specific effects of Cpz, in bivalve molluscs, especially considering the particularities of freshwater and marine indicative species.

The aim of this study was to compare of the biochemical effects of Cpz on the bivalve molluscs *Mytilus galloprovincialis* and *Unio tumidus*, a valuable bioindicators of marine and freshwater quality correspondingly. Two low (pM and nM) Cpz concentrations (Cpz 1: 12 ng L⁻¹; Cpz 2: 12 or 18 µg L⁻¹) were administered to mussels for 14 days. The set of studied parameters included the cytotoxicity indexes (enzymes of apoptosis and lysosomal membrane stability), oxidative/reductive stress responses, low weight thiolome functionality, and biotransformation-related enzymes in the digestive gland.

The lysosomal membrane stability as a most verified index of cytotoxicity decreased prominently in both exposures and both species. However, the enzymes of apoptosis demonstrated the species-dependent responses. In the *M. galloprovincialis*, both exposures caused the prominent increase of cathepsin D activity within lysosomes and its efflux. Caspase-3 was up-regulated in Cpz II group of *M. galloprovincialis*. In opposite, in the *U. tumidus*, the total and extra lysosomal activity of cathepsin D was not changed or decreased (efflux in the Cpz 1-group), and caspase-3 activity was not changed or decreased (in Cpz 1-group). The activity in phase I of biotransformation, as exemplified by CYP450-dependent EROD, increased exclusively in the Cpz I group of *M. galloprovincialis* and Cpz 2 group of *U. tumidus*, whereas glutathione *S*-transferase activity increased in both exposures of *M. galloprovincialis* and decreased in both groups of *U. tumidus*. These particularities reflected the different sensitivity or even different adverse outcome pathways in two organisms subjected to the same stress.

The evaluation of stress response have shown that in both applied concentrations and in both species, Cpz provoked the misbalance of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activities, when SOD activity increased or did not change comparing

to control value, while CAT decreased, provoking the increased production of H₂O₂. Correspondingly, it was detected an elevated lipid peroxidation (TBARS) and increased level of protein carbonyls (PC), particularly in the Cpz 2 groups in both species of molluscs. On the other hand, the level of reduced glutathione (GSH) increased in both exposures and in both species. The level of GSSG increased only in the Cpz 1 group in the *M. galloprovincialis*. Consequently, GSH/GSSG ratio was elevated in the Cpz 2 group of both species and in the Cpz 1 group of *U. tumidus*, indicating the elevated redox-potential of thiols. It also was indicated the increase of the concentration of low weight stress-related-proteins metallothioneins (both total and metalated forms). Importantly, the typical response of these stress-related proteins is the loss of Zn with the increase of the part of apoform [3]. However, in the present study, the metal-binding capacity of metallothioneins increased due to the high redox potential within the cells.

A comparison of the magnitudes of anti- and pro-oxidative manifestations $(SOD+CAT+GSH)/(TBARS+PC+GSSG)$ accomplished for marine mussel indicated a pro-oxidative shift in both exposures. Consequently, in this study we confirmed the oxidative injury as an typical sign of adverse effect independently of the nature of stressor. In these circumstances, low weight cellular thiols, that have rather high concentration, can provide the antioxidant support in the tissue. Importantly, the ratio of NADH/NAD⁺, indicated in the *U. tumidus*, increased substantially. This manifestation accompanied by the reductive strengthening of thiols was specific for the Cpz effect and probably can be explained by its inhibitory effect on the electron transfer activity at respiratory complex I [4].

These findings show that Cpz induces similar non-specific symptoms of stress in the marine and freshwater bivalves, whereas the adverse outcome pathways related to the enzymes of apoptosis and biotransformation were specific for each species. The higher Cpz concentration caused the exhausting of the responses of detoxification system, particularly in the *U. tumidus*.

Acknowledges. This work has been granted to Oksana Stoliar by University of Messina, Italy (Award of Visiting professor in the academic year 2022/2023) and bilateral Ukraine-Lithuania scientific projects in 2021 and 2024 yy). We cordially thank to all PhD and

Master Students of UNIME, who was involved in the sampling and experiment organizing.

List of references

1. Alkimin G. D., Nunes B., Amadeu M.V.M., Soares M., Bellot C., Gómez-Canela C., Barata C. *Daphnia magna* responses to fish kairomone and chlorpromazine exposures. *Chem Biol Interact.* 2020. Vol. 325. P. 109123. DOI: 10.1016/j.cbi.2020.109123.
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? *The Science of the total environment.* 2021. Vol. 769. P. 144634. DOI: 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. 8. P. 123724. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.123724
4. Modica-Napolitano J. S., Lagace C. J., Brennan W. A., Aprille J. R. Differential effects of typical and atypical neuroleptics on mitochondrial function in vitro. *Arch Pharm Res.* 2003 Vol. 26, № 11. P. 951-959. DOI: 10.1007/BF02980205. PMID: 14661862.
5. Moreira D. G., Aires A., de Lourdes Pereira M., Oliveira M. Levels and effects of antidepressant drugs to aquatic organisms. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.* 2022. Vol. 256. P. 109322. DOI: 10.1016/j.cbpc.2022.109322

РОЗДІЛ 5

АГРОНОМІЯ, ЗАХИСТ І КАРАНТИН РОСЛИН

УДК 633.8

ОСНОВНІ ХВОРОБИ ТА ШКІДНИКИ СОНЯШНИКУ ОДНОРІЧНОГО (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Білошицька Х., Федус У., Дем'янчик О., Москалюк Н.В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

Соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.) одна з найважливіших сільськогосподарських культур, яка вирощується для отримання олії, біопалива та корму для тварин. Україна протягом багатьох років займає передові позиції щодо вирощування та експорту соняшнику. Саме тому посіви цієї культури займають значну частину сільськогосподарських земель. За народногосподарською цінністю та значенням він не поступається таким широко поширеним культурам як пшениця, кукурудза та соя. Порівняно з іншими олійними культурами соняшник дає найбільший вихід олії з одиниці площі (750 кг/га у середньому по країні). На соняшникову олію припадає 98% загального виробництва олії в Україні [2].

Також соняшник – високорентабельна та вигідна в економічному плані культура. Виробництво соняшника справляє суттєвий вплив на ефективність функціонування усієї галузі рослинництва. Висока закупівельна ціна на насіння цієї культури робить її економічно вигідною для вирощування, сприяє підйому економіки господарств. Попит на соняшник і соняшникову олію суттєво не зменшується при зростанні цін.

Однак більшість прихильників цієї сільськогосподарської рослини стикаються з проблемою шкідників і хвороб у посівах соняха. Шкідники й хвороби стають причиною недобору урожаю. Для досягнення високих урожаїв фермерам необхідно боротися з інфекціями та шкідниками, які суттєво знижують урожайність. Завдяки грамотному та своєчасному лікуванню втрата врожаю зводиться до мінімуму.

Основною метою нашого дослідження було детальніше проаналізувати види шкідників і хвороби соняшнику, розглянути негативні наслідки впливу патогенних організмів та ефективні способи захисту посівів.

Розширення посівних площ соняшнику, порушення сівозмін, скорочення періоду повернення культури на місце попереднього вирощування, яке відбувається в останні десятиріччя призвело до масового ураження рослин хворобами. Хвороби призводять до недобору в середньому 20–25% урожаю, а у окремі роки до 50% і більше. На соняшнику зареєстровано понад 80 хвороб [1].

Хвороби соняшнику залежно від місця розвитку можна поділити на такі групи [6]:

- хвороби коріння (кореневої шийки) – біла гниль (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), вовчок соняшниковий (*Orobanche cumana* Wallr.), гниль проростків;
- хвороби стебла – альтернаріоз (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissler), вертицильоз (*Verticillium dahliae* Klebahn), фомоз (*Phoma macdonaldii* Sacc.), фомопсис (*Diaporthe helianthi* M. Munt. Et al.);
- хвороби листя – іржа (*Puccinia helianthi* Schw.), несправжня борошниста роса (*Plasmopara halstedii* Novot), септоріоз (*Septoria helianthi* Ell. et Kell.);
- хвороби кошика – біла (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) і сіра (*Botrytis cinerea* Pers.) гниль, пліснявіння, несправжня борошниста роса (переноспороз) (*Plasmopara halstedii* Novot).

На поширення кожного виду хвороб у першу чергу впливають погодні умови року. Наприклад, прохолодна, дощова погода сприятиме поширенню переноспорозу, хвороби, яка уражає у всі фази розвитку рослин соняшнику. У разі рясних дощів та високої вологості повітря листки, стебла, корені соняшнику можуть уражуватися білою та сірою гниллю, фомозом. За підвищення температури і вологості повітря можливе осередкове поширення фомопсису, за дефіциту вологи – іржі.

Для боротьби з грибковими хворобами соняшнику використовують фунгіциди, дозволені до використання в Україні.

Одним із важливих елементів системи захисту є визначення оптимальних строків обробки фунгіцидами. Перед початком проведення обробок слід обов'язково визначитись з видом захворювання, а у разі одночасної появи декількох збудників на рослині, обрати фунгіцид, який має дві або більше діючих речовин [6]. В нашому регіоні найбільш шкідливими є несправжня борошниста роса (пероноспороз), фомопсис та альтернаріоз [1].

Соняшник в Україні схильний до пошкодження понад 60 різних видів шкідників. Класифікують чотири основні групи комах-шкідників [4]:

- шкідники листя – лучний метелик (*Margaritia sticticalis* L.), чортополохівка (*Vanessa cardui* L.), полинова цикадка (*Psammotettix striatus*), капустяна совка (*Mamestra brassicae* L), совка-гамма (*Autographa gamma* L.), геліхризова попелиця (*Brachycaudus heliychrisi* Kalt.), трипси, саранові;
- шкідники стебел і коренів – соняшникова шипоноска (*Mordellistena parvula* Gyll.), ковалик чорний (*Athous niger* L.), озима совка (*Agrotis segetum* Schiff) та соняшниковий вусач (*Agapanthia dahli* Richt);
- шкідники насіння та кошиків – соняшникова вогнівка (*Homoeosoma nebullum* Den. and Schiff.), листогризучі совки, клопи та вогнівка соняшникова (*Homoeosoma nebulellum* L.);
- шкідники проростків – мідляк піщаний (*Opatrum sabulosum* L.), ковалик посівний (*Agriotes sputator* L.), ковалик широкий (*Selatosomus latus* F.), південно сірий (кукурудзяний) довгоносик (*Tanymecus dilaticollis* GfA), степовий цвіркун (*Gryllus desertus* Pall), капустянка (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.), личинки пилоїдів та жуків-чорнишів, гусениці совок тощо.

Основні наслідки від впливу шкідників [5]: пошкоджуються листя, стебло, кошики, коренева система рослини; негативний вплив шкідників на проростки призводить до їх загибелі; рослина не може нормально розвиватися і рости; знижується якість продукції та посівні властивості; пошкоджуються насіння, знижується їхня маса і якість продукції; зменшується рівень вмісту олійності. У деяких випадках

відзначається загибель молодих рослин, у деяких масове вилягання посівів, недобір урожаю може досягати до 55%.

Для профілактики захворювання важливі здоровий посівний матеріал та наявність генетичної стійкості; контроль розвитку бур'янів (в т.ч. обкошування країв полів), а також надзвичайно важливим є контроль розвитку комах-переносників; ретельна основна і передпосівна обробка ґрунту; внесення інсектицидів і спеціальних препаратів; догляд за посівами; передпосівна обробка насінневого матеріалу протруйниками; підвищення стресостійкості у рослин; дотримання всіх агротехнічних рекомендацій.

Список літератури

1. Безкровна О. Шкідники соняшника. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/604-shkidniki-sonyashnika> (дата звернення 16.03.2024).
2. Міністерство аграрної політики та продовольства України URL: <https://minagro.gov.ua/news/v-ukraini-namolocheno-757-mln-tonn-novoho-vrozhaiu> (дата звернення 16.03.2024).
3. Несмачна М. Біла гниль соняшнику: динаміка розвитку, пік і діючі речовини в сезоні 2022 р. URL: <http://surl.li/sdrff> (дата звернення 10.03.2024).
4. Ретьман С., Кислих Т., Михайленко С. Шкідники соняшнику. *Пропозиція*. 2019 р. № 6, С. 67–69.
5. Троценко В. І. Соняшник: методи створення вихідного матеріалу та селекція : монографія. Суми : Університетська книга, 2022. 286 с.
6. Хаблак С. Контроль проблемних хвороб соняшнику. URL: <https://www.agronom.com.ua/kontrol-problemnyh-hvorob-sonyashnyku/> (дата звернення 10.03.2024).

**ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ
(*TRITICUM AESTIVUM* L.) ЗА ВПЛИВУ РЕКУЛЬТИВАНТУ
КОМПОЗИЦІЙНОГО TREVITAN®**

**Дзєндзель А. Ю., Швартау В. В., Пида С. В., Юнко М. Б.,
Кузь С. В.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Однією з основних продовольчих культур на планеті є пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.). Серед зернових культур на її виробництво у світі припадає третя частина. Пшениця м'яка також є основною та найурожайнішою зерною культурою України. Актуальною проблемою біології є розробка механізмів підвищення її продуктивності. Важливим завданням сучасного сільського господарства є стабільне нарощування обсягів виробництва високоякісного продовольчого зерна пшениці для забезпечення зростаючих потреб держави та харчової промисловості. Важливим фактором підвищення насінневої продуктивності пшениці є поліпшення її мінерального живлення. В умовах війни основним чинником формування агротехнологій пшениці повинна стати економія ресурсів, також використання екологічно безпечних препаратів органічного походження [3], які підвищують продуктивність рослин, поліпшують їх якість та сприяють біологізації землеробства.

На продуктивність культурних рослин статистично вірогідно впливають посівні якості насіння. Від якості насінневого матеріалу на 30 % у сучасному агровиробництві залежить майбутній урожай культури [4]. Параметри якості насіння регламентуються державним стандартом України ДСТУ 4138:2002 [2].

Метою роботи було дослідити посівні якості насіння пшениці м'якої ярої форми сорту Куїнтус за обробки рекультивантом композиційним TREVITAN® (PKT).

Дослідження проведено в лабораторії фізіології рослин і мікробіології Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка з пшеницею м'якою ярої форми сорту Куїнтус. Сорт Куїнтус характеризується остистим

складним колосом, належить до різновиду ерітроспермум, середньостиглий, високоврожайний, занесений до Реєстру сортів рослин України в 2015. РКТ розробило ТОВ «ТРЕВІТАН УКРАЇНА» відповідно до ТУ У 20.1-44141048-002:2021. Препарат згідно ГОСТ 12.1.007 відносять до речовин IV класу небезпеки (мало небезпечних), має органічне походження, рекомендовано до використання в сільському господарстві. Препарат зареєстровано (Висновок... № 12.2-18-1/6845 від 02.04.2021 р.) в державній санітарно-епідеміологічній службі України. До складу препарату входять органічні речовини (55-75 %), гумінові та фульвові сполуки, нітроген, фосфор, калій, водорозчинні солі Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Co [1]. Експеримент проводили у двох варіантах: Контроль і Дослід (РКТ). У лабораторних умовах визначали схожість насіння (%) пшениці м'якої за ДСТУ 4138 -2002 [2]. Насіння пшениці м'якої варіанту Контроль зволожували дистильованою водою, а Дослід (РКТ) – 1,0 % розчином РКТ і впродовж 4 год. висушували за кімнатної температури до повітряно-сухого стану. У ростильні камери на фільтрувальний папір, змочений дистильованою водою, розміщували по 100 насінин і в термостаті пророщували за температури +22 °С впродовж 7-ми діб. Визначення схожості насіння пшениці м'якої перший раз проводили на 3-тю, а другий – на 7-му доби. Досліди закладали у чотирьох повтореннях.

Під час дослідження, упродовж семи діб, кожної доби визначали кількість пророслого насіння пшениці. На основі цього обчислювали швидкість проростання насіння пшениці за формулою Піпера та : $E = n_1s_1 + n_2s_2 + \dots + n_ms_m / n_1 + n_2 + n_m$, де: E – середня швидкість проростання насіння, діб; n – кількість пророслих насінин за добу у день підрахунку; m – кінцева доба підрахунку; s – терміни проростання. Параметер дружності проростання насіння пшениці сорту Куїнтус обчислювали за формулою:

$$D = B/S,$$

де: D – дружність проростання, %; B – кінцева схожість насіння, %; S – кількість діб проростання [5].

Лабораторну схожість насіння пшениці м'якої також визначали у пластмасових палетах на субстраті (універсальний ґрунт). Для цього лунки палетів набивали ґрунтом і в кожному з них

на глибину 1 см висівали по 1-й насінині. Через 7 діб підраховували кількість пророслих насінин і обчислювали схожість насіння.

Статистичну обробку даних експерименту виконували за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

У результаті досліджень встановлено, що обробка насіння пшениці м'якої ярої форми сорту Куїнтус перед сівбою впливала на його лабораторну схожість. За впливу препарату РКТ показник схожості насіння пшениці під час першого визначення (3-тя доба) статистично вірогідно підвищився на 11,4 % (Контроль – $87,8 \pm 0,5$; Дослід – $97,8 \pm 0,4^*$ %). На 7-му добу схожість насіння визначали у ростильних камерах на фільтрувальному папері і в пластикових палетах на ґрунтосуміші. Встановлено, що за передпосівної обробки насіння РКТ схожість ярої пшениці на фільтрувальному папері зросла на 1,7 % (Контроль – $98,1 \pm 0,4$; Дослід – $99,8 \pm 0,3$ %), а на ґрунтосуміші в палетах – статистично вірогідно на 5,5 % (Контроль – $94,8 \pm 0,4$; Дослід – $100,0 \pm 0,0^*$ %).

Варто зазначити, що показники схожості насіння пшениці м'якої ярої форми сорту Куїнтус на 5-ту та 7-му доби не відрізнялися. Тому для визначення дружності проростання насіння ми використали параметр часу проростання 5 діб. Встановлено, що за використання РКТ виявлено тенденцію до більш дружного проростання насіння ярої пшениці із меншим на 8,1% періодом проростання.

Отже, передпосівна обробка РКТ поліпшувала досліджувані параметри посівних якостей насіння пшениці м'якої ярої форми сорту Куїнтус. Рекультивант композиційний **TREVITAN®** є перспективним препаратом органічного походження для застосування у технологіях вирощування культурних рослин.

Список літератури

1. Дзендзель А. Ю., Пида С. В. Рекультивант композиційний **Trevitan™** – новий комплексний препарат для обробки насіння і посадкового матеріалу/ *Еко Форум – 2021*: збірка тез доповідей V спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, (14 – 16 вересня 2021 р.). Запоріжжя: Запорізька торгово- промислова палата, 2021. С. 45-46.

2. ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 28.12.02]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
3. Мармуль Л. О., Новак Н. П. Розвиток органічного виробництва в Україні на засадах кооперації. *Економіка АПК*. 2016. № 9. С. 26-32.
4. На замітку аграріям: аналіз якісних показників насіння. URL: <https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/314-100220201>
5. Панасюк О., Панасюк Р. Вплив удобрення на показники життєздатності насіння сої. *Вісник Львівського НАУ. Серія : Агрономія*. 2018. № 22(2). С. 57–59. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2018_22_15.

УДК 633.11:631.53027:631.811.98:631.985:631.147

**КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ ГРУП
БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ
ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ
ОЗИМОЇ**

Жиляк І.Д., Слободяник Г.Я., Дем'янів В.І.

Уманський національний університет садівництва

E-mail: zhilyak@i.ua

Початковим етапом модернізації вирощування основних зернових культур є екзогенне використання природних регуляторів росту та нанодобрив для передпосівної обробки насіння. Якості посівного матеріалу пшениці озимої приділяється особлива увага, зважаючи на високу ймовірність проростання насіння у стресових кліматичних умовах та необхідність формування зимостійких посівів. Поряд з цим, сучасні вимоги до агрономічної біофортифікації рослинної продукції передбачають впровадження екологічно-безпечних, дієвих та економічно вигідних заходів під час вирощування сільськогосподарських культур.

На сьогодні найбільш поширеними засобами модифікації передпосівної обробки насіння є стимулятори росту з мікродобривами. Все більш важливим їх сегмент стає в екологічному контексті меншого використання у сільському

господарстві пестицидів і агресивних агрохімікатів. Сучасні аспекти впровадження фітостимуляторів зосереджені на досягненні комерційних стандартів якості продукції і підвищенні життєздатності рослин. Їх практичне значення полягає у формуванні сталих агросистем, стійких до біотичного та абіотичного стресів, зокрема, в умовах зміни клімату [1].

Важливо для збереження стабільності врожаю зернових культур поповнювати вміст елементів живлення, тому фульвокислоти і мікродобрива включають технології їх вирощування [2]. Фульвокислоти необхідні для перетворення мінеральних сполук на органічні, які будуть засвоюватися рослинами [3]. Kumar et al. (2020) встановлено, що після внесення фульвомісних добрив збільшується вміст доступного азоту, калію та фосфору [4]. Використання фульвокислот дозволяє зменшити пестицидне навантаження та ефективно під час вирощування в забруднених промислових зонах [5], зменшує поглинання рослинами токсичних сполук хлору та кадмію.

На сьогодні недостатньо вивчена проблема стійкості насіння на стадії проростання до пестицидного стресу. Для екологічного ведення сільського господарства визначені переваги використання фітогормонів з метою інтенсифікації росту рослин. Зокрема, встановлена роль ауксинів для індукції поділу клітин кореневої системи. Обробка індол-3-оцтовою кислотою насіння пшениці стимулювала ріст прапорцевого листка, а саме його суху масу та площу. Але висока доза індоліл-3-оцтової кислоти (50 мг/кг) послаблювала ріст рослин. До складу запатентованих сумішей для передпосівної обробки насіння традиційно включають ауксини, зокрема, 1-нафтил-оцтову кислоту.

У стані фізіологічної зрілості насінню притаманна низька метаболітична активність, тому для реалізації потенціалу продуктивності рекомендують обробляти посівний матеріал антистресовими регуляторами росту. В даному аспекті як екологічно-безпечний регулятор росту розглядається бурштинова кислота. На ранніх стадіях розвитку сходи з насіння, обробленого бурштиновою кислотою мають підвищену резистентність до осмотичного шоку, високої температури і патогенів. Загалом відмічають стимулюючий ефект бурштинової кислоти на інтенсивність дихання проростаючого насіння, мобілізацію

органічних речовин і підвищення зимостійкості рослин.

Безперечно, що застосування для передпосівної обробки насіння регуляторів росту різних механізмів дії з мікроелементами – важливий фактор підвищення адаптаційних можливостей рослин на початкових етапах росту та формування високої їх продуктивності у цілому. Активізація ростових процесів та оптимізація живлення сходів – основна стратегія управління для ефективного вирощування сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Застосування препаратів на основі фульвокислот та регуляторів росту – ефективний спосіб регуляції морфогенезу і продуктивності пшениці озимої.

Метою досліджень було вивчення впливу передпосівної обробки насіння пшениці озимої такими препаратами, як Фульвогумін (хелатне добриво), 1-нафтил-оцтова кислота (ауксин) і бурштинова кислота (біогенний стимулятор росту, адаптоген) на проростання і біометричні параметри сходів.

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

Встановлено, що за передпосівного намочування у 1% розчині Фульвогуміну підвищувалася енергія проростання насіння, сходи містили більшу частку сухої речовини (17-18%), порівняно обробкою насіння 0,025% розчином бурштинової кислоти (14-15%) або 1-нафтил-оцтовою кислотою (12-13%). За показниками енергії проростання (96%) і сирі маси коренів 7-денних сходів (6,387 г/100 шт.) ефективною була комбінація препаратів Фульвогумін і 1-нафтил-оцтова кислота. Найбільші загальна довжина (12,37 см) і сира маса 7-денних сходів (11,462 г/100 шт.) були після сумісної обробки насіння Фульвогуміном і бурштиновою кислотою. За сукупністю даних формування сходів, рекомендується комплексна передпосівна обробка насіння пшениці озимої Фульвогуміном сумісно з бурштиновою кислотою і 1-нафтил-оцтовою кислотою. Неefективною була обробка лише 1-нафтил-оцтовою кислотою (25 мг/л).

Список літератури

1. Kisvarga, S., Farkas, D., Boronkay, G., Neményi, A., & Orlóci, L. (2022). Effects of Biostimulants in Horticulture, with Emphasis on Ornamental Plant Production. *Agronomy*, 12(5), 1043. doi:10.3390/agronomy12051043.
2. Pashchak, M., Voloshchuk, O., Voloshchuk, I., & Hlyva, V. (2021). Efficiency of microfertilizer oracle multicomplex in corn cultivation technology. *Scientific Horizons*, 24(12), 25-31. doi: 10.48077/scihor.24(12).2021.25-31.
3. Kumar, H.D., & Aloke, P. (2020). Role of biostimulant formulations in crop production: An overview. *Int. J. Appl. Res. Vet. Med.*, 8(2), 38-46.
4. Kumar, S.M., Zeng, X., Wang, Y., Su, S., Soothar, P., Bai, L., Kumar, M., Zhang, Y., Mustafa, A., & Ye, N. (2020). The short-term effects of mineral- and plant-derived fulvic acids on some selected soil properties: improvement in the growth, yield, and mineral nutritional status of Wheat (*Triticum aestivum L.*) under soils of contrasting textures. *Plants*, 9(2), 205. doi:10.3390/plants9020205.
5. Braziene, Z., Paltanavicius, V., & Avizienytė, D. (2021). The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity. *Environ Res.*, 195, 110824. doi:10.1016/j.envres.2021.110824.

УДК 632.95.025-022.513.2:63

**БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОЧАСТКИ ЯК МОЖЛИВІ
НАНОПЕСТИЦИДИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

Житкевич Н.В., Гнатюк Т.Т.

Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН
України, Київ

E-mail: Nataliaziti@gmail.com, gnatuktatiana@gmail.com

Застосування пестицидів може легко спричинити низку проблем екологічної безпеки, які серйозно обмежують сталий розвиток сучасного сільського господарства. Значний прогрес у нанотехнологіях дозволив постійно розвивати стратегії захисту рослин. Створення мікроелементних препаратів на основі наночасток має багато переваг, включаючи їх краще поглинання

та провідність рослинами, покращену ефективність, зменшене дозування, відстрочену резистентність, зменшення залишків і захист від природних ворогів, збереження корисних комах та підвищення імунітету рослин [3].

Деякі наночастки мають специфічні антибактеріальні або інсектицидні властивості та можуть використовуватися безпосередньо як активні компоненти пестицидів. Наприклад, відомо що наночастки срібла можуть контролювати ранню хворобу томатів і збільшувати свіжу масу та вміст хлорофілу в помідорах на 32,58% і 23,52% відповідно. Застосування наночасток оксиду магнію істотно пригнічує *Ralstonia solanacearum*, збудника бактеріального в'янення томатів, і знижує індекс поширення хвороби [2].

Нами визначено, що наночастки окремих хімічних елементів, які отримані методом електрохмічної абляції, такі як (Ag, Co, Cu, Bi, Se, J₂, Pb, Al, Ni, V, Cr₂, La, Cd, Ce, S, Li) можуть дієво впливати на представників найбільш поширених і агресивних фітопатогенних бактерій – збудників бактеріозів рослин [1]. Але дія таких нанoeлементів не перманентна, а вибіркова стосовно певних видів або патоварів збудників хвороб рослин. Тому подальші дослідження були спрямовані на створення різноманітних комплексів нанoeлементів для збільшення їх активності проти фітопатогенів. В дослідженнях були використані такі комплекси нанoeлементів як Al+Ni+V, J+S+Bi, Cu+Co+I₂Se, Li+Ag, J₂+S+Se+Br, Se+Li+Co+Cu; Se+Li; Se+S+Li+Cu+Co, J+S+Se; S+Se та інші. Поєднання наночасток було здійснено незалежно від ступеня їх активності проти бактеріальних рослинних патогенів. Адже таке поєднання може виявитись дієвим завдяки синергії нанoeлементів при якому досягається посилення позитивного результату їх впливу на збудника.

Активність усіх комплексів, які тестувалися, перевірялась як в нативному стані, так і експериментальних розведеннях із розрахунку від 200 мл до 500 мл на 1 гектар. Дослідження проводились в лабораторних умовах із використанням стандартних методів визначення чутливості мікроорганізмів до речовин хімічного походження. В якості тест-культур використовувались представники найбільш відомих агресивних

фітопатогенних бактерій, які поширені на сільськогосподарських полях та садах України. Штами збудників бактеріозів були отримані з колекції фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України: *Pseudomonas syringae* - УКМ В-1027⁷=АТСС 19310=NCPPB 281=ІМВ 8511- поліфаг, збудник плямистостей широкого кола сільськогосподарських та квіткових рослин; *Pseudomonas fluorescens*- ІМВ (відділ фітопатогенних бактерій) -8573 - плямистості та м'які гнилі; *Pectobacterium carotovorum* - УКМ В-1095[†] = АТСС 15713 = ІСМР 5702 = ІМВ 8982 – поліфаг, збудник гнилізни широкого кола сільськогосподарських та квіткових рослин; *Xanthomonas campestris pv. campestris* – УКМ В-1049 = ІМВ 8003₆ - збудник судинного бактеріозу широкого кола сільськогосподарських рослин; *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* – ІМВ В-10₂ (відділ фітопатогенних бактерій) – 10₂ - бактеріальний рак томатів та інших пасленових, бура плямистість перцю; *Agrobacterium tumefaciens* (*Rhizobium vitis*) – УКМ В-1000 = ІМВ (відділ фітопатогенних бактерій) 8628 – викликає пухлини та некрози с/г рослин; *Pantoea agglomerans* - сільськогосподарських рослин, поліфаг ІМВ В-9049.

Більшість тестованих наночасток, перш за все таких як J₂, S, Co, Se, виявляють достатньо високу активність проти тестових фітопатогенних бактерій в нативному стані. При розведенні нативних препаративних форм наночасток активність одних груп елементів зменшується, а у деяких зникає. Найменш чутливими мікроорганізми були до наночасток Ag та Br, наночастки Co та Cu виявляли активність проти *Agrobacterium tumefaciens* як в нативному стані, так і в певному розведенні. Однак, треба відмітити, що активність наночасток Cu проти інших патогенів швидко падала при титрації.

Було визначено, що створення комплексів наноелементів на органічному носії значно розширює коло чутливих до них патогенних мікроорганізмів. Найбільш чутливі до більшості створених комплексів жовтопігментні фітопатогени *Xanthomonas campestris pv. campestris*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pantoea agglomerans*. Додовання наноелементів срібла до наноконкомплексів не несе синергетичної дії.

Фітопатогени рода *Pseudomonas* – відомий як надзвичайно стійкий до дії різноманітних засобів захисту рослин хімічного походження. Тому отримані результати щодо чутливості їх представників до наноелементів і їх наноконструкцій ($J_2+S+Se+Br$, $Al+Ni+V$ та $J+S+Bi$) надзвичайно позитивні.

Проведені дослідження дозволили визначити ряд наноконструкцій, які можуть бути найкращою основою для подальшого створення дієвих препаратів проти збудників бактеріозів рослин.

Додовання до таких базових конструкцій інших окремих елементів або їх поєднань дозволить спрямовувати майбутні препарати як проти певного кола різновидів патогенів, так і проти певного виду збудника під час загальної епіфітотії або ураження посівів окремого району або області ендемічним бактеріозом. Таким чином застосування нанотехнологічних конструкцій є одним із перспективних напрямків у рослинництві та сільському господарстві.

Список літератури

1. Hnatiuk, T., Kravchenko, O., Abarbarchuk, L., Churilov, A., & Chobotar, V. Influence of drugs produced by electropulse ablation methods on the development of soybean phytopathogenic bacteria. *Plant and Soil Science*. 2023. Vol. 14, №. 3. P. 22-34. <https://doi.org/10.31548/plant3.2023.22>
2. Jiaming Yin, Xiaofeng Su, Shuo Yan, Jie Shen. Multifunctional Nanoparticles and Nanopesticides in Agricultural Application. *Nanomaterials (Basel)*. 2023. Vol. 13 №. 7. P. 1255. DOI: 10.3390/nano13071255
3. Kumari M., Pandey S., Bhattacharya A., Mishra A., Nautiyal C.S. Protective role of biosynthesized silver nanoparticles against early blight disease in *Solanum lycopersicum*. *Plant Physiol. Biochem.* 2017. Vol. 121. P. 216–225.

ВПЛИВ СОЛЬОВОГО СТРЕСУ НА СИМБІОЗ *MEDICAGO SATIVA* З РИЗОБІЯМИ ПРИ УРАЖЕННІ ФІТОПАТОГЕННИМИ АХОЛЕПЛАЗМАМИ

Коробкова К.С., Затовська Т.В.

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

E-mail: kkorobkova@ukr.net

Існує значна кількість відомостей про підвищення стійкості рослин до стрес-чинників різної природи і активацію протекторних систем у відповідь на їх дію. Проте реакція рослин на сумарні природні чинники і шляхи підвищення толерантності до фітопатогенних мікроорганізмів в умовах кліматичних змін вивчені недостатньо.

Грунтуючись на отриманих нами раніше даних щодо протекторної дії бульбочкових бактерій проти проявів фітоплазмозу *Medicago sativa*, в умовах сольового стресу (50мМ NaCl) досліджували ефективність штамів різних генотипів *Rhizobium meliloti* із відмінною сольовою толерантністю: ефективний виробничий штам 425а (як стандарт), А9 (з підвищеною толерантністю) і солечутливий штам АК57. Встановлено, що в засоленому середовищі рослини люцерни посівної, окремо інокульовані штамми ризобій із різною чутливістю до NaCl, мали здатність утворювати симбіоз із ризобіями з продукуванням азотфіксувальних бульбочок, проте його ефективність переважала у варіантах стандартного і толерантного штамів. Слід зауважити, що ці показники були меншими за контрольні (у незасолених варіантах).

У варіантах досліді із додатковим зараженням рослин фітопатогенною ахолеплазмою *Acholeplasma laidlawii var.granulum* 118 під впливом підвищеного засолення відбувалося пришвидшення проявів ознак фітоплазмозу у всіх варіантах з ризобіями різних генотипів. Проте встановлено, що рослини люцерни у симбіозі з ризобіями А9 з підвищеною толерантністю до засолення вегетували довше, ніж інші дослідні варіанти. За умов штучного фітоплазмозу за результатами аналізу морфометричних показників і індексу толерантності також було

підтверджено, що при засоленні середовища рослини люцерни посівної, інокульовані ризобіями всіх генотипів, мали гірші показники, ніж рослини, вирощені у стандартних умовах, проте варіант із обробкою соле-толерантним штамом ризобій був відносно кращим як без інфікування ахолеплазмами, так і у випадку штучного зараження ахолеплазмами.

Отже, при вирощуванні *M.sativa* в умовах сольового стресу негативні наслідки для рослин можна долати шляхом утворення симбіозу рослин з ризобіями - ефективним і соле-толерантним штамми, проте ураження фітоплазмами в таких умовах призводить до зменшення протективного ефекту ризобій внаслідок інтерференції двох стресових навантажень – абіогенної і біогенної природи.

УДК 631.5+635.615

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

Кравець М.Я., Грицак Л.Р.

Тернопільський національний педагогічний університету
імені Володимира Гнатюка

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

Кавун звичайний (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai) – основна баштанна культура, частка якої в загальній площі баштанних в Україні на сьогодні складає близько 75 %, або 51,3 тис. га. Основне виробництво кавунів до недавнього часу було зосереджене у господарствах двох зон – Степу і Лісостепу, питома вага у загальному виробництві складала відповідно – 73,2 та 25,8 % [3]. Проте, аналіз даних українських та закордонних дослідників показав, що за останні 30 років середня річна температура на материковій частині України підвищилася на 1,2 °С. Найбільше зростання спостерігалось взимку та літом: зима стала теплішою на 1,4 °С, а літо – на 1,5 °С [1]. За даними Всесвітньої метеорологічної організації останні три роки стали найтеплішими в історії спостереження. Ці кліматичні зміни клімату дозволяють вирощувати баштанні культури, зокрема,

кавуна звичайного, у нехарактерних для них агрокліматичних зонах України. Окрім того, у Західному регіоні України переважають за площею сірі опідзолені ґрунти та чорнозем типовий [2], які за фізико-хімічні характеристики (щільність верхнього горизонту, водопроникність, кислотність водного розчину, поживний режим) відповідають едафічним потребам кавуна звичайного. Однак, успішність вирощування цієї агрокультури у нетипових агрокліматичних умовах залежить від її адаптивного потенціалу та агротехнічних прийомів. Тому, мета нашої роботи полягає у систематизації агротехнічних прийомів культивування кавуна звичайного (*C. lanátus* subsp. *vulgaris*), використання яких розширює можливості його вирощування в агроекологічних умовах Західного регіону.

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

Щеплення розсади кавуна на пляшковий гарбуз (*Lagenaria siceraria* Stanld) належить до методів, які використовуються для підвищення врожайності плодів та стійкості до біотичних та абіотичних стресів. Гарбуз належить до холодостійких рослин, тому прищеплення є ефективним прийомом підвищення холодостійкості розсади кавуна. Завдяки прищепленню коренева система у розсади може розвиватися навіть за температури ґрунту +5 °С. Щеплення на гарбузову підщепу змінює експресію генів і призводить до збільшення вмісту поліамінів, зміцнення системи антиоксидантного захисту, стабілізації мембрани і пом'якшення окиснювального стресу, викликаного холодом, а також покращує поглинання макро- та мікроелементів з ґрунтів. У листках прищепленої розсади збільшується вміст хлорофілу, знижується резистентність продохів до абіотичних стресів, підвищується фотохімічна активність і фотосинтетичний метаболізм. Вибір підщепи дозволяє цілеспрямовано впливати на вміст цукру, стійкість рослин до біотичного стресу, спричиненого комахами- шкідниками і хворобами [4]. Тому, застосування цього методу дозволяє раніше висаджувати розсаду, прискорити інтенсивність росту кущів, швидше отримувати врожай і збільшити продуктивність рослин у двічі.

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

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

До ще одного агротехнічного прийому, який дозволяє регулюватися ріст та продуктивність рослин кавуна в умовах водного дефіциту, належить їх колонізація арбускулярною мікоризою (АМ). АМ покращує врожайність плодів і ефективність використання води рослинами кавуна звичайного, вирощеного в умовах водного стресу. У рослин кавуна, що ростуть в умовах достатнього зволоження, колонізація *Glomus versiforme* не змінює морфометричні параметри пагонів, порівняно з контрольною групою, однак значно покращує розвиток кореневої системи незалежно від вмісту вологи у ґрунті, збалансовує розподіл енергії між фотохімічними та нефотохімічними процесами, що забезпечує високу фотосинтетичну активність і запобігає пошкодженню фотосинтетичного апарату; підвищує ефективну роботу антиоксидантної системи та покращує осморегуляцію. Усі ці

кумулятивні ефекти симбіозу АМ зрештою підвищують посухостійкість розсади [5].

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

Список літератури

1. Летяк В. Літо восени і дощі взимку: як зміниться клімат України до 2100 року. Факти. 2021. 24 серп. URL: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/suspilstvo/20210824-lito-voseny-i-doshhi-vzymku-yak-zminytsya-klimat-ukrayiny-do-2100-roku/> (дата звернення: 24.08.2023).
2. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підруч.: в 2 ч. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. Ч. 2. 286 с.
3. Сорти кавуна та агротехнологія вирощування насіння: рекомендації / Яровий Г. І. та ін. Харків, 2006. 16 с.
4. Lu J., Cheng F., Huang Y., Bie Z. Grafting Watermelon Onto Pumpkin Increases Chilling Tolerance by Up Regulating Arginine Decarboxylase to Increase Putrescine Biosynthesis. *Front Plant Sci.* 2021. Vol. 12: 812396. DOI: 10.3389/fpls.2021.812396 (Last accessed: 14.07.2023).
5. Mo Y., Wang Y., Yang R., Zheng J., Liu C., Li H., Ma J., Zhang Y., Wei C., Zhang X. Regulation of Plant Growth, Photosynthesis, Antioxidation and Osmosis by an Arbuscular Mycorrhizal Fungus in Watermelon Seedlings under Well-Watered and Drought Conditions. *Front Plant Sci.* 2016. Vol. 7: 644. DOI: 10.3389/fpls.2016.00644 (Last accessed: 15.08.2023).

6. Wei H., Wang M., Jeong BR. Effect of Supplementary Lighting Duration on Growth and Activity of Antioxidant Enzymes in Grafted Watermelon Seedlings. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(3): 337. DOI:<https://doi.org/10.3390/agronomy10030337> (Last accessed: 11.09.2023).

УДК 579.64 : 631.421.1

**ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ МІКОРИЗНИМИ
АРБУСКУЛЯРНИМИ ГРИБАМИ НА РІСТ ГОРОХУ
ПОСІВНОГО**

Лисовський Р. Ю., Прокоп'як М. З., Голіней Г. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: lisovskijrostislav@gmail.com

Мікориза широко поширена серед рослинного світу і відіграє важливу роль у їхньому житті. Це взаємовигідний зв'язок між рослинами та грибами, що сприяє збільшенню врожайності сільськогосподарських культур. Арбускулярна мікориза, одна з найдавніших форм цього симбіозу, яка виникає між рослинами і грибами, які знаходяться у ґрунті. Гриби забезпечують рослини фосфором й іншими необхідними елементами, отримуючи від них органічні сполуки. Відомо, що ці гриби, ймовірно, можуть добувати фосфор із важкорозчинних сполук, які є прямо не доступними для рослин. Окрім цього мікоризовані рослини можуть підтримувати високий рівень життєдіяльності через поліпшене забезпечення водою, краще засвоювати макро- та мікроелементи; вони є більш стійкими до захисту від грибкових і бактеріальних патогенів. Крім того, рослини, що співіснують з мікоризними грибами, отримують на 4–20 % більше поживних речовин порівняно з тими, які не мають цього співжиття. Мікориза відкриває нові можливості для відновлення ґрунтів шляхом їх самостійної регенерації, покращення стану, збагачення корисними речовинами, а також сприяє зменшенню використання синтетичних мінеральних добрив. Мікоризація рослин сприяє відновленню природної структури ґрунту і збагачення його мікро- і мезофауною [5].

Більшість трав'янистих наземних рослин формують арбускулярну мікоризу з представниками *Glomeromycota*. Для цих грибів симбіоз є необхідною стадією їх розвитку. Арбускулярна мікориза є найпоширенішим видом мікоризи, яка є у великої кількості рослин-симбіонтів. Після проведення секвенування ДНК симбіотичних грибів, їх віднесено до окремого типу *Glomeromycota* [4]. Імовірно, що 80–90 % усіх судинних рослин здатні до утворення арбускулярної мікоризи. Ця здатність також була виявлена і у деяких нижчих рослин [1, 2].

Використання мікоризних препаратів на різних етапах розвитку рослин допомагає значно підвищити їх здатність до поглинання поживних речовин і води. Це призводить до поліпшення процесів проростання, цвітіння і загалом підвищення урожайності. Організми, які містяться у таких препаратах, позитивно впливають на стан ґрунту, зокрема, покращують його структуру (гриби утворюють слиз, який сприяє створенню водостійких агрегатів, що запобігає ерозії ґрунту). Отже, актуальним завданням є вибір ефективних препаратів на основі симбіотичних мікоризних грибів для застосування при вирощуванні сільськогосподарських культур. Представники родини Бобові є важливими сільськогосподарськими культурами, які є джерелом багатих на білок й вітаміни продуктів харчування і кормів.

Метою дослідження було проаналізувати склад сучасних препаратів на основі мікоризних грибів і вивчити вплив інокуляції мікоризними грибами рослин родини Бобові на їх ростові параметри.

Для досягнення цілей цього дослідження було проведено аналіз наукової літератури і ринку сучасних біологічних препаратів, що використовуються в сільському господарстві, у складі яких є мікоризні гриби. Об'єктом дослідження були рослини гороху посівного (*Pisum sativum* L.). Для мікоризної інокуляції був використаний препарат GreatWhite Granular 1 Plant Success (виробник Plant Success, США). До його складу входить *Glomus intraradices* (132 пропагул в 1 г). Виробник рекомендує використовувати 150 г мікоризного інокулянта на 50 л ґрунту. Після посіву насіння проводили аналіз його схожості через 7–8 днів. У фазу цвітіння рослини вибирали для дослідження,

вимірюючи довжину кореня, масу рослини (суху і свіжу) та висоту надземної частини. Експеримент проводили з трьома повтореннями, а результати обробляли статистично.

Встановлено, що найбільш поширеним видом гриба у сучасних мікоризних препаратах є *Glomus intraradices*, а інші види *G. iranicum*, *G. mosseae*, *G. aggregatum*, *G. etunicatum* були менш поширеними. *G. intraradices* (*Rhizophagus irregularis*) – арбускулярний мікоризний гриб, який використовується як ґрунтовий інокулянт у сільському господарстві і садівництві. Колонізація *Rh. irregularis* часто настає раніше, ніж у багатьох інших грибів з роду *Rhizophagus*; спостерігається широка мережа гіф й інтенсивне внутрішньокореневе утворення спор у коренях рослин [3].

Проаналізувавши склад мікоризних препаратів, представлених на ринку України, а саме, MycoApply, Rootella, MikoLife, GreatWhite Granular 1 Plant Success, за кількістю пропагул у грамі домінував препарат виробництва Rootella (Ізраїль) (>2500 пропагул), а також він містив спори і міцелій. Аналізуючи препарати вітчизняного виробництва встановлено, що значну кількість, приблизно 90 % мікоризних грибів мав MikoLife.

Мікоризація рослин *P. sativum* грибом *G. intraradices* призводила до значного збільшення надземних (висота стебла, кількість листків, довжина міжвузлів) і підземних (довжина коренів) морфологічних параметрів. На 25-й день після посіву відбулося значне збільшення висоти стебла у варіантах, де використовувався мікоризний препарат у кількості 1,5, 3, 6 г на 1 л ґрунту, порівняно з контролем. Кількість листків також зросла у дослідях з мікоризою. Додавання мікоризного препарату у кількості 3 г на 1 л ґрунту призвело до збільшення довжини коренів, у порівнянні з контролем у 2,5 рази. При підвищенні кількості препарату до 6 г на 1 л ґрунту подальше зростання довжини коренів не спостерігалось. Окрім цього спостерігалось, що рослини, які були інокульовані мікоризою, розпочали цвісти швидше, ніж контрольні.

Отже, нами встановлено у результаті проведеного дослідження, що поширеним видом гриба у сучасних мікоризних препаратах є *G. intraradices*, а інші види *G. iranicum*, *G. mosseae*,

G. aggregatum, *G. etunicatum* менше представлені. Нами проаналізовано склад мікоризних препаратів, представлених на ринку України, а саме, MusoApply, Rootella, MikoLife, GreatWhite Granular 1 Plant Success. Оцінено ефективність мікоризного препарату на основі *G. intraradices* в експериментальних умовах під час вирощування *P. sativum*. У результаті використання цього препарату показано збільшення морфометричних параметрів інокульованих рослин, у порівнянні з контролем.

Список літератури

1. Гуральчук Ж. Дія арбускулярних мікориз на надходження елементів живлення і стійкість рослин до несприятливих чинників довкілля. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. 12. С. 7–26. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.12.7-26>.
2. Barea J. M., Jeffries P. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant system. Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology. Varma A., Hock B. (Eds.). Springer-Verlag, Heidelberg, 1995. P. 521–559.
3. Home – *Rhizophagus irregularis*. URL: <https://mycocosm.jgi.doe.gov/Gloin1/Gloin1.home.html> (дата звернення: 01.03.2024).
4. Simon L. et al. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*. 1993. 363. P. 67–69.
5. Smith S. E., Read D. J. Mycorrhizal Symbiosis. 3rd Edition. Academic Press, 2008. 800 p.

УДК 633.8

**ПЕРСПЕКТИВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ
СОНЯШНИКУ ОДНОРІЧНОГО (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)
У СУЧАСНИХ УМОВАХ**

Логуш О.М., Сташків І. П., Буранич М. В., Москалюк Н.В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

Важливою олійною культурою в Україні є соняшник і його вирощування та перероблення в нашій країні є найбільш

перспективним напрямом аграрного сектору. Напружена ситуація в державі, яка пов'язана з активними бойовими діями, що тривають по всій території країни, поставила перед фермерами нові завдання. По-перше, необхідно працювати ефективно, швидко, часом незважаючи на ризик для власного життя. По-друге, слід використовувати досконало перевірені та якісні складові технології виробництва. Помилка не може бути, адже непродуктивне насіння, неякісні добрива чи пестициди можуть спричинити не лише збитки й банкрутство конкретного господарства, а й складну продовольчу ситуацію в країні. Більшість сільгоспвиробників робить ставку на ту продукцію, яка перевірена досвідом багатьох колег, має високу репутацію, а найголовніше – стабільно дає якнайвищі результати. Важливим є збільшення валового збору насіння соняшнику без розширення посівних площ, а внаслідок підвищення його врожайності.

Основною метою нашого дослідження було проаналізувати особливості вирощування соняшнику однорічного (*Helianthus annuus* L.) в умовах війни.

Соняшник є однією з основних культур, який за народногосподарською цінністю є на рівні із широко поширеним культурам, такими як кукурудза, пшениця, ячмінь, соя й ін. Окрім того, що соняшник є олійною культурою (цінний харчовий дієтичний продукт), з нього виготовляють корм для худоби (макуху, силос), його використовують для технічних потреб (у виготовленні лінолеумів, лаків, мила, фарб), для косметичних потреб (креми, засоби для догляду за тілом), у медичних цілях (при холециститі, жовчнокам'яній хворобі, шлункових хворобах) [1, 4]. Він відносно невимогливий до ґрунту і клімату, що дозволяє вирощувати його на різних типах ґрунтів та в різних регіонах України. Також, соняшник є важливою рослиною для покращення ґрунту, оскільки його коренева система сприяє розкладанню органічних решток та покращенню структури ґрунту [1].

В Україні традиційно оптимальними регіонами для вирощування соняшнику вважались Дніпровщина, Кіровоградщина та північні частини Одеської, Миколаївської та Херсонської областей. На цих територіях ґрунт достатньо забезпечений вологою, а велика кількістю тепла і сонця

дозволяють культурі максимально розкривати потенціал врожайності. Проте з початком повномасштабного вторгнення соняшник почали вирощувати й на Вінниччині, і на Житомирщині, і на Заході України.

Виробництво олійних культур у 2023 році зросло на 18% до 20,7 млн т. В Україні було засіяно: соняшником 5 млн га, соєю – 1,8 млн га, ріпаком – рекордних 1,4 млн га. Окрім сприятливих погодних умов, спрацювала і зміна структури посівних площ в Україні [5]. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, станом на 29 грудня 2023 року збір олійних культур проведено на площі 8 224 тис. га, соняшник обмолочено на площі 5 020,8 тис. га, намолочено 11 млн 980 тис. т насіння при врожайності 2,4 т/га. Наша держава входить в першу десятку держав-виробників соняшника однорічного. На додаток, вона за останні декілька років посідає перше місце за обсягами його виробництва [2].

Однією з головних причин різких кореляцій у бік збільшення посівних площ соняшника стала втрата маржинальності найбільш поширеної сільськогосподарської культури на полях України – кукурудзи. Причина цьому одна – війна, яка створила величезні проблеми з експортно орієнтованими культурами, особливо тими, експорт яких базувався на морських перевезеннях. Таким чином, частка соняшнику у сівозміні зросла зі звичних 22–23 % по Україні до 30 % у 2022 році й дана тенденція зберігатиметься й у 2023 році також. Це зумовлено тим, що з трьох найбільш маржинальних культур військового 2022 року, а саме соняшника, сої й ріпаку, саме соняшник є найбільш поширеною та «простою» у вирощуванні культурою, придатною для усіх агрокліматичних зон України [3].

Війна негативно позначилася і на роботі олійно-жирового сектору в Україні. Багато підприємств, зокрема в районах бойових дій та на окупованих територіях, були змушені зупинити свою діяльність. Блокування портів на Чорному та Азовському морях на початку війни призвело до припинення експорту олії та шроту. Олійний сектор України швидко шукав альтернативні логістичні рішення та нові ринки збуту, зокрема через переорієнтацію на залізничний транспорт. Згідно з даними

Українського клубу аграрного бізнесу [4], експорт олійних культур у 2023 році знизився на 6% до 7,4 млн т. Цей показник на 95% вище аналогічного показника довоєнного 2021 року внаслідок вимушених факторів: збільшення обсягів виробництва олійних культур, а також початку експорту насіння соняшника в умовах, коли внутрішня перероблення зменшувалася на фоні проблем експорту соняшникової олії. Наприкінці 2023 року експорт насіння соняшнику мінімальний [2].

Значне збільшення посівних площ викликає ряд проблемних зон в технології вирощування та додаткові виклики ринку соняшника в Україні. Першою проблемною зоною є те, що порушується структура сівозміни. Доволі часто у 2022–2023 роках можна спостерігати ситуацію, коли соняшник сіяли через рік, а то і в монокультурі [3]. Це призводить до додаткових проблем в технології вирощування, не кажучи вже про екологічну сторону питання. Головними з технологічних проблем є збільшення характерних для культури збудників хвороб і шкідників. Це, в свою чергу, вимагає додаткових витрат для фунгіцидного та інсектицидного захисту посівів. На дану проблему накладається ще і той факт, що у зв'язку зі зменшенням маржинальності відбувається також і економія на технології вирощування. Це стосується всіх елементів технології.

Отже, соняшник – вкрай важлива та прибуткова культура, яка не потребує великих затрат при вирощуванні, щоб знизити собівартість вирощування соняшника необхідно правильно обирати культуру-попередник, раціонально використовувати землю та правильно підібрати посівну техніку. Збільшувати врожайність необхідно шляхом оптимізації технологічних процесів: робити аналіз ґрунту, підбирати правильно насіння під конкретні умови вирощування та застосовувати раціонально добрива.

Список літератури

1. Бахчиванжи Л., Дяченко Л., Почколіна С. Сучасний стан та перспективи виробництва соняшника в Україні. Вісник соціально-економічних досліджень. 2013. №4 (51). С. 9 – 14.
2. Високі результати жнив соняшнику в умовах війни. Гібриди, що дали відмінні результати в воєнний час. URL:

- <https://www.agronom.com.ua/vysoki-rezultaty-zhnyv-sonyashnyku-v-umovah-vijny-gibrydy-shho-daly-vidminni-rezultaty-v-voennyj-chas/> (дата звернення 16.03.2024).
3. Король О. Олійні в умовах війни: посів, залишки, переробка, умови зберігання. URL: <https://latifundist.com/spetsproekt/963-olijni-v-umovah-vijni-posiv-zalishki-pererobka-umovi-zberigannya> (дата звернення 16.03.2024).
 4. Кошкіна І. Рентабельність олійних падає – скільки сої, соняшнику та ріпаку збере Україна. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1549-rentabelnist-oliynih-padaye--skilki-soyi-sonyashniku-ta-ripaku-zbere-ukrayina> (дата звернення 10.03.2024).
 5. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/news/v-ukraini-namolocheno-757-mln-tonn-novoho-vrozhaiu> (дата звернення 10.03.2024).

УДК 633.15: 632.95

**ПОТЕНЦІЙНІ РИЗИКИ ТА АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ
БІОГЕРБІЦИДІВ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ
УКРАЇНИ**

Омельченко В.О., Нестерова Н.Г.

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mail: koriza@ukr.net

Бур'яни є найсуттєвішим чинником втрати врожаю сільськогосподарських культур, що призводять до зниження продуктивності рослин та затрати праці на боротьбу з ними [1]. Сфера сучасного контролю за розповсюдженням бур'янів включає класичні засоби захисту (досходові та післясходові гербіциди), органічні препарати, фізичні методи (ручна прополка та мульчування) та біогербіциди. Оскільки органічне землеробство виключає використання синтетичних гербіцидів через потенційне забруднення ними рослин та природних ресурсів, то використання саме біогербіцидів, шляхом використання екстрактів і природних біологічних агентів, таких

як гриби та бактерії, для боротьби з бур'янами стає актуальним та затребуваним на ринку [2-3].

Біологічні засоби боротьби з бур'янами були розроблені за допомогою живих організмів, таких як комахи, нематоди, бактерії чи гриби, або природних продуктів. Класичний біологічний підхід впроваджує природного ворога, який поширюється по всій території, але це провокує ризики активації на нецільових рослинах [4-6]. Біогербіцидний підхід покладається на природних ворогів, присутніх у природному ареалі бур'яну, щоб завдати значної шкоди бур'яну та зменшити негативний вплив на врожайність.

Так, одним із перших зареєстрованих біогербіцидів був продукт США DeVine (д.р. *Phytophthora palmivora*), який був розроблений для боротьби з лозою-душителем (*Morrenia odorata*) на цитрусових у Флориді. Саме тому, перші мікогербіциди Collego (д.р. *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*), та Biomal (д.р. *Colletotrichum gloeosporioides*) мали високовірulentні грибові патогени рослин, які можна було масово культивувати для отримання великих кількостей інокулят для внутрішнього внесення до клітини-хазяїна бур'янів. Патогенні бактерії *Xanthomonas campestris* pv *poannua* та *P. syringae* pv *tagetis* були розроблені у якості біогербіцидів для боротьби з мятликом однорічним (*Poa annua*) та бур'янами *Asteraceae* відповідно. Фітотоксин, отриманий із сирого екстракту *Pseudomonas syringae*, достовірно зменшував ріст коренів і пагонів бур'янів у новостворених журавлинних болотах «Стівенс» [7-8].

Побічні продукти з природних агентів також використовують як потенційні біогербіциди. Так, побічним продуктом мокрого помелу кукурудзи, який демонструє гербіцидну активність, є борошно з кукурудзяного глютену, який пригнічує понад 22 види бур'янів, у кількості 300–1000 г/м², розвиток яких призводить до зниження виживаності рослин, довжини пагонів та розвитку коренів пасльону чорного (*Solanum nigrum*), баранчика звичайного (*Chenopodium album*), портулаку (*Portulaca oleracea*) та ін. Водночас, поява сходів томатів і перцю на ґрунтах, заражених *Pythium ultimum*, покращується за допомогою насіння канולי (*B. napus*) і гірчиці (*B. juncea*). У посівах полуниці після застосування даних біогербіцидів,

зменшилася біомаса бур'янів грициків (*Capsella bursa-pastoris*), райграсу італійського (*Lolium multiflorum*), а врожайність при цьому зросла до 25 % [9].

Екстракти вторинних метаболітів з листків *Ailanthus altissima* проявляють інгібуючий вплив на проростання насіння та ріст рослин *Medicago sativa*. Чорний горіх (*Juglans nigra*) має алелопатичний ефект, а його екстракти були комерційно впроваджені як біогербіцид NatureCur (США) [10]. Олія мануки, отримана з дерева манука (*Leptospermum scoparium*), проявляє високу постгербіцидну активність для контролю над появою масових сходів крабової трави (*Digitaria spp.*).

Отже, технологію біогербіцидів доцільно використовувати як компонент комплексної стратегії боротьби з бур'янами, щоб допомогти уникнути резистентності до власне гербіцидів, знизити виробничі витрати та підвищити врожайність сільськогосподарських культур. Увагу слід зосередити на розробці економічно ефективних біогербіцидів, а також оптимізації їх використання у ґрунтово-кліматичних умовах України.

Список літератури

1. Schonbeck, M. Principles of sustainable weed management in organic cropping systems. In Workshop for Farmers and Agricultural Professionals on Sustainable Weed Management, 3rd ed.; Clemson University: Clemson, SC, USA, 2011.
2. Kremer, R.J. The role of Bioherbicides in weed management. *Biopestic. Int.* 2005, 1, 127–141.
3. Yu, J.; Morishita, D.W. Response of seven weed species to corn gluten meal and white mustard (*Sinapis alba*) seed meal rates. *Weed Technol.* 2014, 28, 259–265.
4. Shrestha, A. Potential of a black walnut (*Juglans nigra*) extract product (NatureCur) as a pre- and post-emergence bioherbicide. *J. Sustain. Agric.* 2009, 33, 810–822.
5. Aneja, K.R.; Khan, S.A.; Aneja, A. Bioherbicides: Strategies, Challenges and Prospects. In *Developments in Fungal Biology and Applied Mycology*; Satyanarayana, T., Deshmukh, S., Johri, B., Eds.; Springer: Berlin, Germany, 2017; pp. 449–470
6. Chauhan B.S. Grand challenges in weed management. *Front.*

- Agron. 2020, 1, 1–4.
7. Qu, R.; He, B.; Yang, J.; Lin, H.; Yang, W.; Wu, Q.; Li, Q.X.; Yang, G. Where are the new herbicides? Pest Manag. Sci. 2021, 77, 2620–2625.
 8. Gaines, T.A.; Busi, R.; Küpper, A. Can new herbicide discovery allow weed management to outpace resistance evolution? PestManag Sci. 2021, 77, 3036–3041.
 9. Bordin, E.; Frumi Camargo, A.; Stefanski, F.; Scapini, T.; Bonatto, C.; Zanivan, J.; Preczeski, K.; Modkovski, T.A.; Reichert Júnior, F.; MossI, A.J.; et al. Current production of bioherbicides: Mechanisms of action and technical and scientific challenges to improve food and environmental security. Biocatal. Biotransform. 2020, 39, 346–359.
 10. Duke, S.O.; Pan, Z.; Bajsa-Hirschel, J.; Boyette, C.D. The potential future roles of natural compounds and microbial bioherbicides in weed management in crops. Adv. Weed Sci. 2022, 40, 1–13.

УДК 579.64: 631.46: 631.484

ПРО СТАН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МІКРОБІОЛОГІЇ

¹Патика В.П., ²Піда С.В.

¹Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ

²Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

E-mail: patykovolodymyr@gmail.com; spyda@ukr.net

Пріоритети та сучасна світова практика наукових досліджень (роздуми професора Кузьми Векірчика і авторів тез 1987-1992 рр.). Світові тенденції становлення та розвитку сталих агроєкосистем свідчать, що запобігти негативним втручанням у функціонування агробіоценозів, обмежити застосування хімічних пестицидів, зберегти біологічну різноманітність, що еволюційно склалася в природі, можливо за умови здійснення фундаментальних комплексних і прикладних біоценотичних досліджень, які спрямовані на реалізацію природного потенціалу екосистем, ефективного використання їх біологічних можливостей.

У сучасному і майбутньому землеробстві серед першочергових є одночасне вирішення трьох важливих завдань: підвищення продуктивності культурних агроценозів і якості продукції, зростання рівня рентабельності і технологій у рослинництві та охорона довкілля. Щодо першого і другого за багатолітню практику зроблено чимало, але ще недостатньо. Адже рівень виробництва продукції ще значно відстає від швидкозростаючих потреб. Стосовно третього завдання, то воно теж з кожним роком стає все актуальнішим. Дедалі більше фахівців усвідомлюють, що розвиток сільськогосподарської мікробіології не лише забезпечує надійний приріст в аграрному виробництві, але й розв'язує важливе питання збереження навколишнього середовища та природного рівня біологічної різноманітності та біогенності ґрунтів.

Ґрунтоутворення та рослинництво підпорядковані основному закону ефективності взаємодії системи, що сформувалася у процесі еволюції: ґрунт - мікроорганізми - рослини. Ця система визначає ґрунтову родючість і біогенність, інтенсивність ґрунтово-мікробіологічних процесів, ріст і розвиток рослин. Завдання полягає в тому, щоб не порушувати, а, навпаки, максимально оптимізувати її.

Роль сільськогосподарської мікробіології полягає у вивченні закономірностей ґрунтово-мікробіологічних процесів і оптимізації їх шляхом впливу на взаємовідношення між компонентами вказаної системи. При цьому особливу увагу необхідно приділяти одному з основних і динамічних її компонентів – мікроорганізмам, які є головним чинником процесів ґрунтоутворення, живлення рослин і фітосанітарного стану насаджень. Особливості мікроорганізмів полягають у тому, що при відповідних умовах вони можуть здійснювати біосинтез різних метаболітів, набувати інтенсивного росту й розвитку. Наприклад, обсяг інноваційних мікробних і біотехнологічних розробок та інвестицій, пов'язаних із сільським господарством в ЄС у 1991 році перевищив 3 трлн. євро. За прогнозом ОЕСР (Організації економічного співробітництва та розвитку) у 2023 р. на частку науково - інноваційних розробок припадатиме близько 3 % ВВП розвинених країн та істотно більше – країн, що розвиваються.

Проблеми, які вирішуються за допомогою

сільськогосподарської мікробіології - це забезпечення населення оптимальним харчуванням, запобігання деградації та відновлення екологічної ситуації агроєкосистем, відновлення втрат мінеральних ресурсів для аграрного виробництва за рахунок використання поновлюваних біоресурсів тощо. Динамічний розвиток сільськогосподарської мікробіології пов'язано зі стрімким прогресом біологічних наук, біотехнології і ряду суміжних областей.

Євросоюз, США, Росія, Китай, Індія і ряд інших країн визначили розвиток вищевказаного напрямку в якості стратегічного пріоритету свого розвитку на найближчі десятиліття. У цих країнах створені спеціальні програми підтримки, проводиться цілеспрямована державна політика. Україна відстає від світових лідерів, як за масштабами, так і темпам її розвитку. На частку України припадає близько 0,5 % світового біотехнологічного виробництва, більше половини потреби країни в фізіологічно необхідних для людини біопродуктах задовольняється за рахунок імпорту. Водночас Україна має всі можливості для успішного розвитку найважливіших напрямів сільськогосподарської мікробіології та біотехнології, в першу чергу, пов'язаних з виробництвом і переробкою біоресурсів.

У Німеччині основна увага зосереджена на дослідженні функціонування природних мікробних угруповань і їх вираження як життєво важливих екосистемних послуг. У центрі інтересу стоїть здатність мікроорганізмів до деградації забруднюючих речовин і використання природних біогеохімічних циклів. Зазначені дослідження також служать для забезпечення методів і показників у галузі охорони навколишнього середовища та сталого управління ландшафтами і використання генетичних ресурсів ландшафтів для досліджень і біотехнології. Головні напрямки дослідження охоплюють: структурно-функціональну різноманітність мікробних угруповань; екологію забруднених середовищ; експериментальні дослідження біорізноманітності; мікробно-рослинні взаємодії; розвиток біотехнологій для відновлення та запобігання екологічних втрат; біоенергетику тощо.

Австралійські мікробіологи зосередили свої зусилля на дослідженнях мікробної деградації забруднюючих речовин у

грунті і воді; ролі мікробної біоплівки і складність угруповань; позаклітинних ферментів у ґрунті; мікробіому ризосфери; реакції мікроорганізмів на стрес у засолених ґрунтах; іммобілізації бактерій і ферментів; біогенності ґрунтів для солодкої картоплі та поточні дослідні проєкти. Зазначені проєкти фінансуються Австралійським центром міжнародних сільськогосподарських досліджень.

Комісії з генетичних ресурсів для виробництва продовольства і ведення сільського господарства (ФАО) вважає, що біорізноманітність для виробництва продовольства і ведення сільського господарства є одним з найважливіших ресурсів Землі. Посіви, худоба, водні організми, лісові дерева, *мікроорганізми* і безхребетні - тисячі видів і їх генетична мінливість - складають яскраву палітру біорізноманітності, від якої залежить виробництво продуктів харчування у світі. Біорізноманітність є необхідним: будь то комахи, які запилюють рослини, *мікроскопічні бактерії*, різноманітні породи домашньої худоби або тисячі сортів сільськогосподарських культур, які підтримують продовольчу безпеку у всьому світі. Біорізноманітність має важливе значення для досягнення харчової різноманітності в раціоні - різноманітний продовольчий кошик - що важливо для здоров'я і розвитку людини.

Підтримання біорізноманітності для виробництва продовольства і ведення сільського господарства є глобальною відповідальністю. Оскільки країни прагнуть диверсифікувати і адаптувати свої сільськогосподарські та харчові виробничі системи, оскільки обмін генетичними ресурсами і взаємозалежність країн збільшується. Зі зміною клімату, збереження і стале використання генетичного різноманіття стало більш важливим, ніж будь-коли. Завдання збереження та сталого використання генетичних ресурсів поширюється на всіх континентах і екосистем і вимагає відповіді на широкій основі. Комісія з генетичних ресурсів для виробництва продовольства і ведення сільського господарства є єдиним міжнародним форумом, який спеціально займається всіма компонентами біорізноманітності для виробництва продовольства і ведення сільського господарства (тобто рослини, тварини, водні біоресурси, ліси, *мікроорганізми* і безхребетні). Ця унікальна міжнародна платформа сприяє світу бути без голоду шляхом

розширення використання і розвитку всього портфеля біорізноманітності, особливо мікробного, важливого для забезпечення продовольчої безпеки і боротьби з убогістю.

УДК 632.4:633.15

**ПРИЧИНИ НАЛЬОТІВ НА КАЧАНАХ ТА МІКОБІОТА
ЗЕРНА КУКУРУДЗИ, ВИРОЩЕНОЇ В УМОВАХ
ПРИЛУЧЧИНИ**

**Рожкова Т.О.^{1,2}, Білявська Л.О.¹, Фоменко С.В.¹,
Тяжкун О.О.²**

¹Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН
України

² Сумський національний аграрний університет

E-mail: rozhkova8@gmail.com

На качанах кукурудзи можуть розвиватися різні нальоти грибної етіології. За забарвленням виділяють рожеві (*Fusarium moniliforme* J. Sheld.= *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *Trichothecium roseum* Link), червоні (*Fusarium graminearum* Schwabe), зелені (*Penicillium* Link., *Aspergillus* Mich.), ціпі (*Botrytis* Mich., *Mucor* Mich.) та майже чорні (*Alternaria* Ness., *Cladosporium* Link.) [1]. За розвитку нальотів, зазвичай, заражаються і зернівки. В Україні у насінні кукурудзи найчастіше ідентифікують 30 видів, а всього здатних до зараження відомо 120 видів фітопатогенних грибів [2]. Мікози зерна кукурудзи мають прямий вплив на здоров'я людини та тварин, так як більшість фітопатогенів здатна до продукування мікотоксинів. Запобігання зараженню грибами в полі вважається більш ефективним методом проти накопичення цих метаболітів, ніж знищення після збору врожаю. Тому необхідний постійний контроль грибних патогенів у зерновій продукції.

Кукурудза була вирощена в умовах Прилуцького району Чернігівської області. Облік нальотів здійснили наприкінці вегетації культури. Роди грибів, які спричинили утворення нальотів, визначили за особливостями конідіального спорношення. Аналіз зараження насіння кукурудзи провели біологічним методом в умовах вологої камери та на середовищі Чапека-Докса з глюкозою. За дослідження внутрішньої інфекції зернівки обробили 96%-им спиртом упродовж 1-2 хвилин [3].

Під час збирання кукурудзи провели аналіз на присутність ознак хвороб качанів. Виявили наявність ділянок різного розміру, які були вкриті темними нальотами різної структури, та ознаки бактеріозу. Дослідження нальотів показало присутність двох родів грибів: чорний був утворений спороношенням *Capnodium* sp., темно-зелений – *Cladosporium* sp. Найбільшого поширення на качанах кукурудзи набув кладоспорієвий наліт.

Аналіз зовнішньої інфекції зерна кукурудзи продемонстрував наявність на зернівках спор трьох видів грибів. Умови вологої камери спровокували проростання *Cladosporium* sp., *F. verticillioides* та *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill. Відсоток виділення цих грибів показав значну присутність першого та другого видів - 50,7 та 48,6%, відповідно. Отже, на насінні зерна без нальотів були присутні спори здебільшого кладоспорієвих та фузарієвих грибів. Ми довели значну заспореність *Cladosporium* sp., що підтвердило причину домінування темно-зеленого нальоту на качанах. *F. verticillioides* за значного поширення здатний утворювати на качанах біло-рожевий наліт, який з'являється з фази молочної стиглості і розвивається, навіть, за зберігання. Але за умов вегетації 2024-го р. утворення цього нальоту не відмітили.

Дослідження мікобіоти зернівок кукурудзи дозволило виділити на поживне середовище дванадцять видів грибів, з яких визначили вісім, так як інші не утворили спороношення. Усередині насіння найбільша кількість грибів була надана *F. verticillioides* – 44, 5%. Значний відсоток виділення мали *Cladosporium* sp. (16,4%) та *Nigrospora oryzae* Petch. (13,7%). Також значного поширення мали два види роду *Penicillium*. Всі інші ендofіти зустрічались рідко (*R. stolonifer*, аспергілові гриби, бактерії та види грибів без спороношення).

N. oryzae здатний викликати утворення сірого рихлого нальоту на качанах та окреме ураження зернівок, коли утворюється недорозвинуте насіння з чорними купками у основи. Таких симптомів не відмітили, гриб містився у зовні здоровому насінні, тобто був ендofітом.

Отже, в умовах вегетації 2024 р. нальоти на кукурудзі були спричинені *Capnodium* sp. та *Cladosporium* sp. з домінуванням останнього. На поверхні зерна знаходились спори *Cladosporium* sp., *F. verticillioides* та *R. stolonifer*, з майже рівною перевагою

двох перших видів. Ендоефіти насіння були представлені грибами з поодиноким виділенням бактерій. Основними представниками мікобіоти зерна були *F. verticillioides*, *Cladosporium* sp. та *N. oryzae*. Тобто, майже половина отриманого зерна може бути контамінована фумонізинами, які є небезпечними для людини та тварин. Відсутність ознак ураження на качанах і зерні становить загрозу сучасному виробництву кукурудзи та вимагає обов'язкового аналізу зернової продукції на мікотоксини.

Список літератури

1. Рожкова Т.О., Татарінова В.І., Бурдуланюк А.О. Патологія насіння сільськогосподарських культур: Методичний посібник щодо проведення лабораторних занять для студентів 1 курсу ОС Магістр денної форми навчання зі спеціальності 202 "Захист і карантин рослин". Суми: СНАУ, 2022. 95 с.
2. Голосна Л. Хвороби кукурудзи. 2019. Пропозиція, №12.
3. Кирик М. М. Патологія насіння сільськогосподарських культур : навчальний посібник для підготовки фахівців ОКР "Магістр" спец. 8.09010501 "Захист рослин" у ВНЗ III-IV рівнів акредитації / М. М. Кирик, М. Й. Піковський ; за ред. М. М. Кирика. К. : ЦП "Компринт", 2012. 208 с.

УДК 632.154:632.951/952

**ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ТА
ФІТОТОКСИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У КОМЕРЦІЙНИХ
ФУНГЦИДА ТА ІНСЕКТИЦИДА**

Ткачук Н.В.¹, Зелена Л.Б.^{2,3}, Новіков Я.Є.¹

¹Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г. Шевченка

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного
НАН України

³Київський національний університет технологій та дизайну
E-mail: nataliia.smykun@gmail.com

У практичній діяльності людини широко застосовуються, є токсичними для тварин та виявляються у довкіллі піретроїдні інсектициди (зокрема, лямбда-цигалотрин) [2], стробілурини (зокрема, крезоксим-метил) [5], триазоловий клас пестицидів

(зокрема, дифеноконазол) [3]. Їх вплив на бактеріальні угруповання та рослинні організми досліджено недостатньо. Метою даної роботи було дослідження антибактеріальних та фітотоксичних властивостей у комерційних препаратів з фунгіцидною та інсектицидною дією, рекомендованих для застосування у агрономії, які містили лямбда-цигалотрин, крезоксим-метил, дифеноконазол.

Досліджували антибактеріальні та фітотоксичні властивості: 1) системного фунгіцида, діючою речовиною якого є крезоксим-метил (100 г/л) та дифеноконазол (200 г/л) – засіб 1; 2) інсектицида контактної дії, діючою речовиною якого є лямбда-цигалотрин (50 г/л) – засіб 2. Як бактеріальну тест-культуру використали асоціацію, яка росла при внесенні сирого курячого м'яса до водопровідної води, за аеробних умов та температури 22 ± 1 °C, до якої перед початком вирощування додавали відповідний засіб у кількості 50 мл/л води. У контроль засіб не додавали. Як тест-рослину використали редьку посівну *Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus* (L.) Domin сорту Французький сніданок. Насіння тест-рослини у кількості 10 штук розміщували у чашці Петрі на фільтрувальному папері, який змочували дистильованою водою (контроль) або відповідним водним розчином засобу з концентрацією 50 мл засобу/л дистильованої води (дослід). Дослідження здійснювали у потрійній повторності. Розраховували фітотоксичні індекси – індекс схожості насіння та індекс довжини коріння [4]. При обробці результатів дослідження використали статистичні методи.

При культивуванні бактеріальної тест-асоціації відмічено візуальні ознаки розвитку бактерій - наявність каламутності (засіб 2) та запаху (засіб 1 та 2). При мікроскопуванні під світловим мікроскопом ($\times 400$) зафіксовано морфологічне різноманіття мікробіоти як у контролі, так і у дослідах із засобами 1 та 2.

На енергію проростання та схожість насіння тест-рослини досліджувані засоби не вплинули. Довжина коріння та надземної частини проростків тест-рослини за впливу засобу 1 була достовірно меншою, ніж у контролі, у 10,5 рази та 4,6 рази, відповідно. За величиною індексу довжини коріння (-0,91) засіб 1 у досліджуваній концентрації відноситься до речовин з

екстремальною токсичністю. Засіб 2 не вплинув на довжину коріння та надземної частини проростків. Слід зазначити, що концентрація засобів, використана у дослідженні, була більше, ніж рекомендована для застосування, у 133 рази (засіб 1) та 62,5 рази (засіб 2). Стійкість у ґрунті крезоксим-метилу низька, проте загальні залишки (крезоксим-метил + кислотний метаболіт) зберігаються протягом тривалого періоду [1].

Таким чином, комерційні препарати, рекомендовані для застосування у агрономії, які містили лямбда-цигалотрин, крезоксим-метил, дифеноконазол, за концентрації 50 мл/л не проявили антибактеріальної дії щодо досліджуваної бактеріальної асоціації. Відмічені фітотоксичні властивості засобу з крезоксим-метилом та дифеноконазолом за ростовим тестом з редькою посівною свідчать про необхідність контролю та оцінки ризиків потрапляння цих речовин у довкілля.

Список літератури

1. Khandelwal A., Gupta S., Gajbhiye V.T., Varghese E. Degradation of kresoxim-methyl in soil: impact of varying moisture, organic matter, soil sterilization, soil type, light and atmospheric CO₂ level. *Chemosphere*. 2014. Issue 111. P. 209-217. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.03.044>.
2. Liu J., Lü X., Xie J., Chu Y., Sun C., Wang Q. Adsorption of lambda-cyhalothrin and cypermethrin on two typical Chinese soils as affected by copper. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2009. Issue 16, No 4. P.414-422. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-008-0076-2>.
3. Maurya R., Dubey K., Singh D., Jain A.K., Pandey A.K. Effect of difenoconazole fungicide on physiological responses and ultrastructural modifications in model organism *Tetrahymena pyriformis*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2019. Issue 182. P. 109375. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109375>.
4. Tkachuk N., Zelena L. An onion (*Allium cepa* L.) as a test plant. *BHT: Biota. Human. Technology*. 2022. Issue 3. P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.3.22.5>.
5. Zhang C., Zhou T., Xu Y., Du Z., Li B., Wang J., Wang J., Zhu L. Ecotoxicology of strobilurin fungicides. *Sci. Total Environ.* 2020. Issue 742. P. 140611. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140611>.

РОЗДІЛ 6

ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ПРИРОДНИХ ТА БІОАКТИВНИХ СПЛУК

УДК: 606:61

ВИВЧЕННЯ СКЛАДУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ КОМПЛЕКСІВ З *CHLORELLA VULGARIS*

Боднар О. І., Ракочий А. І., Грубінко В. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: bodnar@tnpu.edu.ua

Одним з важливих та перспективних методів для досягнення збалансованого харчування та запобігання порушень метаболізму є застосування біологічно активних добавок, що містять мінеральні речовини, зв'язані з природними комплексами клітинних біомолекул.

Доведено, що мікроелементи Zn, Mg, Fe та інші в органічній формі мають вищу біодоступність та кращу тенденцію до скорочення їх дефіциту в організмі, ніж мінеральні форми. Так, кращі результати щодо зниження рівня ПОЛ та підвищення активності ГПО були продемонстровані у курчат-бройлерів за введення у їх харчовий раціон органічних форм Se, Zn і Cr, ніж за введення неорганічних солей цих мікроелементів [5].

Загалом, чималою кількістю результатів підтверджено, що отримані з водоростей комплекси з мікроелементами, які далі надходять в харчові ланцюги людей і тварин через продукти харчування, виконують важливу роль в метаболізмі та становлять значний практичний інтерес. Зазначимо, що Селен та Цинк є важливими для клітинного обміну, бо роль цих елементів, передусім, обумовлена їх безпосередньою каталітичною дією в реакціях проміжного обміну та опосередкованому інгібуванні токсичної дії важких металів.

Виходячи із зазначеного, завданням роботи було вивчення складу отриманих з зеленої одноклітинної водорості *Ch. vulgaris*, вирощеної в аквакультури, за відповідних досліджуваних

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

концентрацій сполук Селену і Цинку, елементвмісного комплексу, що достовірно містив би у своєму складі зазначені мікроелементи.

Аналіз літературних даних щодо підбору оптимальних умов вирощування *Ch. vulgaris* у накопичувальній культурі для отримання потенційної сировини показали, що найефективнішими умовами є культивування водорості протягом 7 діб з додатковим введенням натрію селеніту в концентрації 10,0 мг Se (IV)/дм³ та іонів Цинку в концентрації 5,0 мг Zn (II)/дм³.

Культивування хлорели на середовищі за дії натрію селеніту окремо показало збільшення вмісту Селену у ліпідній фракції на 112,1%, а за спільної дії його з Zn (II) – на 131,3% щодо контролю. Кількість Se (IV) в ліпідах збільшилася майже на 10% за спільної дії селеніту з Zn (II), ніж за дії селеніту окремо. Досліджено, що до складу ліпідів хлорели активно включався і Цинк – майже у 10 разів більше виявилось цього металу у дослідному варіанті порівняно з контрольним. Оскільки Цинк є одним з основних мікроелементів, що виконує в організмі регуляторні функції багатьох ланок метаболізму, то він здатний активно зв'язуватися майже з 300 різними біомолекулами.

Відмітимо, що включені в ліпіди *Ch. vulgaris* Селен і Цинк, зв'язуються з ними міцно, оскільки у результаті процедури виділення ліпідів в їх складі залишається достатньо велика кількість цих мікроелементів. Хроматографічний аналіз селенвмісних ліпідів з одноклітинних водоростей *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella primolecta* та *Porphyidium cruentum*, які зростали за високих концентрацій Se (IV), показав, що Селен присутній в усіх фракціях ліпідів, однак механізм включення його до складу ліпідів і жирних кислот на той час не був з'ясований [1].

У нашому випадку, якісний і кількісний склад селенцинкліпідного комплексу був проаналізований мас-спектрометричним дослідженням, здійсненого за допомогою автоматизованого рідинного хромато-мас-спектрометра Agilent 1200 SL/DAD/FD/MSD 6130 («Agilent Technologies», USA, ІГБ НАН України). Хоча за здійснення детекції видимого спектру DAD і мас-детектора за позитивної і негативної іонізації MSD

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

ESI +/- видні не всі молекули, тому піки DAD та MSD можуть бути не повністю узгоджені, однак впізнання ліпідвмісних речовин за максимумами поглинання можливе.

Отримані спектри свідчать про включення 2-х атомів Селену (DAD 225 nm – 2, 4; MSD ESI (+) – 2, 5; MSD ESI (–) – 4, 6), атома Цинку (DAD 225 nm – 3; MSD ESI (+) – 2), а також гліцеролу (DAD 225 nm – 13; MSD ESI (+) – 13) та жирнокислотних хвостів (DAD 225 nm – 18-28 з максимумами 18, 21, 25; MSD ESI (+) – 18-28 з максимумами 19, 21, 23-26; MSD ESI (–) – 20-30 з максимумами 21, 22, 23, 27).

Високоїмовірне співпадіння максимумів речовин – складових комплексу, підтверджує його сталість, а спектри MSD ESI показують представленість, хоча і значно меншу, низькомолекулярних речовин. Можливо, що цей зв'язок є не тільки результатом адсорбції мікроелементів, а й включенням їх до складу молекул ліпідів, насамперед фосфоліпідів, та за місцем подвійного зв'язку в ненасичених жирних кислотах за допомогою ковалентного чи координаційного хімічного зв'язку, що дозволяє вважати виділений комплекс збалансованим за складом та фізіологічно адекватним.

Літературних даних про накопичення металів і неметалів та включення їх до складу окремих органічних сполук клітин водоростей чимало [1, 2], втім робіт, які б описували механізми взаємодії мікроелементів зі структурними елементами клітин та шляхи їх зв'язування з ліпідами, на жаль, небагато. Однак, зазначимо, що у дослідженні [4] представили докази спорідненості та відповідно ефективної взаємодії (афінності) двовалентних металів з флуоресцентними протеїнами (маркерами клітинних протеїнів), які у свою чергу приєднують метали до ліпідів мембран. Ця спорідненість спостерігалася як у клітинних мембранах живих організмів, так і в штучних ліпідних моношарових та двошарових матеріалах. Наявність у клітинах металзв'язуючого пептиду сприяла асоціації химерного флуоресцентного протеїну у ліпідну мембрану, що знижувало емісію флуоресценції клітин. Встановлено, що химерний протеїн, зв'язаний з металом, вводиться у ліпідні везикули завдяки високому поверхневому натягу ліпідного бішару. Згідно

отриманих результатів, автори вважають, що металзв'язуючий флуоресцентний протеїн опосередковано збільшує плинність мембран та розширює площу поверхні ліпідної плівки, а також – що має місце висока ймовірність зв'язування цього протеїну з рідиннофазними ділянками та дефектними частинами ліпідного шару[4].

Окрім цього, у дослідженні [3] показано, що іони металів (Fe^{3+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Cd^{2+} та Co^{2+}) легко і швидко взаємодіють з дипальмітоїл-фосфатидилхоліном (ДПФХ), який входить до складу ліпідного шару. У результаті взаємодії утворювалися катіон-ДПФХ комплекси, з одночасними конформаційними їх змінами, та іммобілізація головних функціональних груп, що підвищувало активність останніх.

Щодо зв'язування Селену з ліпідами, то у дослідах на тваринах за допомогою радіоактивного ^{75}Se , встановили його включення до складу ліпідів мембран, які в подальшому частково змінювали свої морфо-функціональні та біофізичні властивості [6]. Разом з тим, структурні зміни у клітинних мембранах *Ch. vulgaris*, очевидно, сприяють активнішому процесу включення мікроелементів Селену і Цинку до їх складу, передусім ліпідного б'шару мембран.

Список літератури

1. Gennity J. M., Bottino N. R., Zingaro R. A. The binding of selenium to the lipids of two unicellular marine algae. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1994. 118 (1). pp. 176 – 182.
2. Gojkovic Z., Vilchez C., Torronteras R. et al. Effect of selenate on viability and selenomethionine accumulation of *Chlorella sorokiniana* grown in batch culture. *Sci. World J.* 2019. Article ID 401265. p 13.
3. Li S., Du L., Tsona N., Wang W. The interaction of trace heavy metal with lipid monolayer in the sea surface microlayer. *Chemosphere.* 2018. 196. pp. 323 – 330.
4. Prachayasittikul V., Ayudhya C. N., Boonpangrak S., Galla H. J. Lipid-membrane affinity of chimeric metal-binding green fluorescent protein. *J. Membr. Biol.* 2004. 200 (1). pp. 47 – 56.

5. Rao S.V., Prakash B., Raju M. V., et al. Effect of supplementing organic forms of zinc, selenium and chromium on performance, anti-oxidant and immune responses in broiler chicken reared in tropical summer. *Biol. Trace Elem. Res.* 2016. 172 (2). pp. 511 – 520.
6. Tripp M. J., Whanger P. D. Association of selenium with tissue membranes of ovine and rat tissues. *Biol. Trace Elem. Res.* 2014. 6 (6). pp. 455 – 462.

УДК 575.224

НАТУРАЛЬНІ ТА СИНТЕТИЧНІ БАРВНИКИ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДУ КОМПОНЕНТІВ

Мельничук Н.В, Крижановська М.А

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: melnychuk-n@chem-bio.com.ua

Харчові барвники стали невід'ємною частиною сучасного харчового виробництва. Вони надають продуктам привабливий зовнішній вигляд та покращують їх споживчі властивості. Адже, саме колір має для споживача велике значення: він служить не лише ознакою свіжості та якості продукту, але й сприяє його впізнаваності. За колір продукту відповідають присутні в ньому барвники. Вони можуть міститися в ньому природним чином (буряк, морква, куркума і т.д.) або можуть бути додані в процесі переробки [2].

Сучасні технології дозволяють виготовляти як натуральні, так і синтетичні барвники із належними властивостями і стандартним вмістом основного барвника, що забезпечує їх застосування у виробництві широкого спектру харчових продуктів. Натуральні барвники, як правило, містять пігменти рослин. Забарвлення виникає за рахунок каротиноїдів, флавоноїдів, бетаніну, рибофлавіну, хлорофілу і т.д. Натуральні барвники відзначаються відсутністю токсичності, однак для більшості з них встановлені допустимі добові дози (ДСД) [3].

Широке використання синтетичних барвників, що недавно з'явилися завдяки досягненням хімії, пояснюється їх високою

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

стійкістю до змін у рН середовищі і дії кислот, стабільністю до впливу тепла і світла, значною здатністю до фарбування, легкістю в дозуванні та стійкістю забарвлення під час зберігання продукту. В більшості випадків їх використання є більш економічно вигідним порівняно з натуральними барвниками [1].

Метою дослідження було проаналізувати натуральні та синтетичні барвники і порівняти склад їх компонентів.

Для наукового дослідження використовували натуральні барвники торгівельної марки YERO COLORS Блакитний і Жовтий (Україна, м. Одеса) та синтетичні барвники компанії Сгіато Небесно блакитний і Жовтий (Україна, м. Одеса).

В результаті проведення порівняльного аналізу складу натуральних барвників було встановлено, що їх основними складниками здебільшого є природні компоненти, такі як, сироп глюкози, лимонна кислота та барвник. В барвник Жовтий, крім зазначеного складу входить E100 куркумін, що власне буде забезпечувати жовтий колір продукту. Блакитне забарвлення надається за рахунок наявності екстракту з водорості спіруліни. Проте, до складу досліджуваних натуральних барвників входить вуглеводний полімер камідь ксантанова, що спрямована для формування та збереження консистенції і розчинник пропіленгліколь, а також консерванти сорбат калію та бензонат натрію.

Таким чином, наявність цих хімічних речовин не дає можливості стверджувати про їх 100% натуральність.

Компонентний склад синтетичних барвників мало відрізняється від натуральних. Необхідно зазначити, що консервуючі компоненти барвників аналогічні тим, що входять до складу натуральних. Лише з додатковим вмістом кукурудзяного крохмалю та власне барвника. У барвника Жовтий забарвлення забезпечує синтетична добавка Тартразін E102, а блакитний колір надає добавка Синій блискучий E133.

Рекомендації, щодо використання на етикетках не зазначаються.

Отож, проведений порівняльний аналіз продемонстрував, що загальний склад компонентів натуральних і синтетичних барвників не відрізняється. Різниця полягає лише у барвниках, що забезпечують колір. У натуральних використовуються

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

природні барвники - Е100 куркумін та спіруліна. А у синтетичних - Тартразін Е102 і Синій блискучий Е133.

Тому, вибір між натуральними і синтетичними барвниками залежить лише від конкретних вимог щодо продукту, таких як безпека, естетичність та економічність, а також від вимог і вподобань споживачів.

Список літератури

1. Іванова Т. Н., Позняківський В. М. Товарознавство та експертиза харчових концентратів і харчових добавок: Підручник для студ. вищ. навч. закладів.- М .: Видавничий центр «Академія», 2004.
2. Лищук О. М. Натуральні та штучні барвники [Електронний ресурс] / Ольга Миколаївна Лищук. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://olgalishchuk16.blogspot.com/2016/11/normal-0-false-false-false-ru-x-none-x.html>.
3. Назаренко Л., Шевченко С. Екологічні аспекти використання харчових добавок в продуктах харчування. [Електронний ресурс] / Назаренко Л., Шевченко С. – 2010. – Режим доступу до ресурсу:
4. <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstreamdownload/123456789/5699/1/Shevchenko.pdf;jsessionid=A0F7CC5ED38F96D12CBAD98B3DF58C78>

UDC 637.334.2

APPLICATION OF MICROBIOLOGICAL CAROTENE IN FOOD PRODUCTS

**Krychkovska L.V.¹, Blyzniuk O.M.¹, Karpushyna S.A.²,
Shcherbak O.V.³**

¹National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,

²Uman National University of Horticulture,

³State Biotechnological University

E-mail: krychkovskaya.kpi@gmail.com

As it is known, Carotene is one of the most important A-vitamin's precursors-provitamins in the organism. Theoretically one molecule of β -carotene turns into 2 molecules of vitamin A. Though it

was adjusted during experiments in vivo, that β -carotene only partially turns into vitamin A in the organism and the rest remains immutable. And what is more, percentage of β -carotene turning into vitamin is controlled by vitamin's A status in the organism thus it cannot lead to toxic response in the human organism. Cogent evidence was obtained as a result of experiments, that β -carotene appears to be not only source of vitamin A but also plays important independent biological role. β -carotene protects macromolecules and biomembranes of cells from damage and thereby increases the body's resistance to free radicals and various pathogenic viruses. [3–5].

Short terms of carotene's conservation in the foodstuffs based on sunflower seed oil raw, e.g. halvah, are conditioned by the processes of biological oxidation as well as lipid's interaction with oxygen and formation of peroxide radicals. Preservation of physical and chemical parameters of carotene's biological activity in the lipid containing foodstuffs in the process of the long shelf life can be reached through proved choice of the antioxidants as well as through choice of the lipid containing product in the capacity of carotene's carrier.

It is well known that the efficient application of antioxidants is impossible without information on antioxidant activity, whether about separately taken stabilizers of oxidative process or a mixture of two or more antioxidants, as well as their interactions in one product. Antioxidants in the mixture under initiation with lipid containing products may exhibit additive abilities as well as synergetic and antagonistic depending on quantitative proportion and presence of concomitant components [1, 2].

Foodstuffs received on the basis of sunflower seed paste have the same disadvantages that many lipid containing products produced using seed oils containing carotene, namely extreme instability regarding oxidative destruction. Unfortunately, range of antioxidants permitted for use in foodstuffs is limited because of high requirements established for them. The values of peroxide and acid numbers (PN and AN), reflecting the biochemical processes occurring during the preparation and storage of halva, can be considered as quality parameters of the specified product.

Crops with the highest mass fraction of oleic and linoleic acids,

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

microbiological carotene, namely, oil sunflower (*Helianthus annuus*) and walnuts, were chosen for this study as raw materials for creating halvah with a balanced fatty acid composition. Biologically active antioxidants of tocopherol isomer scale (Mixed Tocopherols, Tocomix) in different dozes and proportions for stabilization of microbiological carotene in sunflower seeds halvah were tested in this study. Microbiological carotene was introduced into sunflower seed paste and walnut paste. Oxidative destruction of the products with carotene under conservation at different temperature conditions (37°C and 60°C) was predetermined by changes of acid (AN) and peroxide numbers (PN) and also their fatty acid composition. Fatty acid composition was determined by means of high effective liquid chromatography. Chromatography was carried out on the Shimadzu GC-14B Gas Chromatograph equipped with auto injector AOC-14 and integrator C-R7a.

During the study of the process of oxidative destruction of halvah from sunflower seeds, it was revealed that data obtained within 24-28 hours make it possible to judge the speed and intensity of the oxidative process in sunflower sub-protein paste, which makes it possible to select antioxidants within a short period of time.

Comparative analysis of the fatty acid substance in the paste of different vegetable origin exhibited dominance of the polyunsaturated fatty acids C18:1 and C18:2 in the sunflower seed paste and what is more C18:3 in the walnut paste. Physical and chemical changes of the pastes of sunflower seed and walnut origin were different within the oxidative process regarding AN and PN indices.

It has been found that the AN and PN parameters were steadily increasing for a short time for the oxidation of sunflower seed paste, while the same parameters were quite stable over a long period of oxidation at temperature of 37.6°C, namely, for 7-14 days and possibly more, for the walnut paste. No further study of oxidative degradation was carried out, since there was no need to prolong this process. Regardless of very low values of peroxide numbers within the whole period of oxidation, the halvah ready product made of walnut raw partially lost taste (savour) abilities during time of conservation given T-22°C over 6 months. It can reveal appearance of processes of quality deterioration not connected to the peroxidation. Wherein the

quantitative characteristics of carotene remained within the limits of initial values.

It is necessary to emphasize that values of Peroxide numbers in the walnut paste differed highly from the same parameters in the sunflower seed paste. The initial values of Acid numbers in the both products were almost similar to each other. Oxidation of pastes with carotene added at the high temperature (60°C) during 24 hours did not produced in the change of the oxidative dynamics.

It has been found that oxidation processes in the sunflower seed and walnut pastes with carotene added proceeded according to different dynamics. Walnut paste had very low initial values of Peroxide number, which made this product more attractive for adding carotene into it. This deduction was proved by the data on oxidation of this paste with carotene added at high temperatures. Peroxide number increased lightly for walnut paste in comparison with sunflower seed paste with no violation of quality standards (PN=0.01). Wherein PN of sunflower seed paste were highly increasing and did not corresponded to the values of the commodity till the end of oxidation.

Addition of the antioxidant to the walnut paste did not change the terms of carotene oxidation and remained stable for sufficiently long period of time which was comparable with the oil preservation itself. Thus, carotene showed good preservation in the walnut paste, which might be due to the extremely low content of peroxide in it. At the same time, the addition of Tocomix to the sunflower paste turned out to be effective, which produced in a decrease of the peroxide accumulation level and an increase of the product shelf life by 2 times.

Thus, the study carried out has been shown that walnut paste was a more acceptable basis for the addition of biologically active microbiological carotene in order to create new food products with medicinal and preventive properties and a shelf life that met the international standards.

References

1. Биотехнология каротина. Селекция, синтез, биохимия, экология / Л.В. Кричковська та ін. Харків : Модель Всесвіту, 2003. 285 с.
2. Природные антиоксиданты. Биотехнологические,

- биологические, медицинские аспекты / Л.В. Кричковська та ін. Харків : Модель Всесвіту, 2002. 373 с.
3. Britton G., Liaaen-Jensen S., Pfander H. Carotenoids Today and Challenges for Future // Jn book: Carotenoids / Eds. : G. Britton. Basel-Boston-Berlin : Birkhauser Verlaq, 1995. Vol. 1 A : Isolation and Analysys. P. 13–26.
 4. Eugueter C.H. History: 157 years of Carotenoid Chemistry // Jn book: Carotenoids / Eds. : G. Britton, S. Liaaen-Jensen, H. Pfander. Basel-Boston-Berlin : Birkhauser Verlaq, 1995. Vol. 1 A : Isolation and Analysys. P.1–12.
 5. Latscha T. Carotenoids – their Nature and Significance in Animal Feeds. Basel, 1990. P. 1–110.

UDC 547.572.1 + 547.789.13

**SYNTHETIC USAGE OF FUNCTIONALIZED
ARYLTHIOCYANATOAMIDES CONTAINING AN
ACETYLPHENYL FRAGMENT**

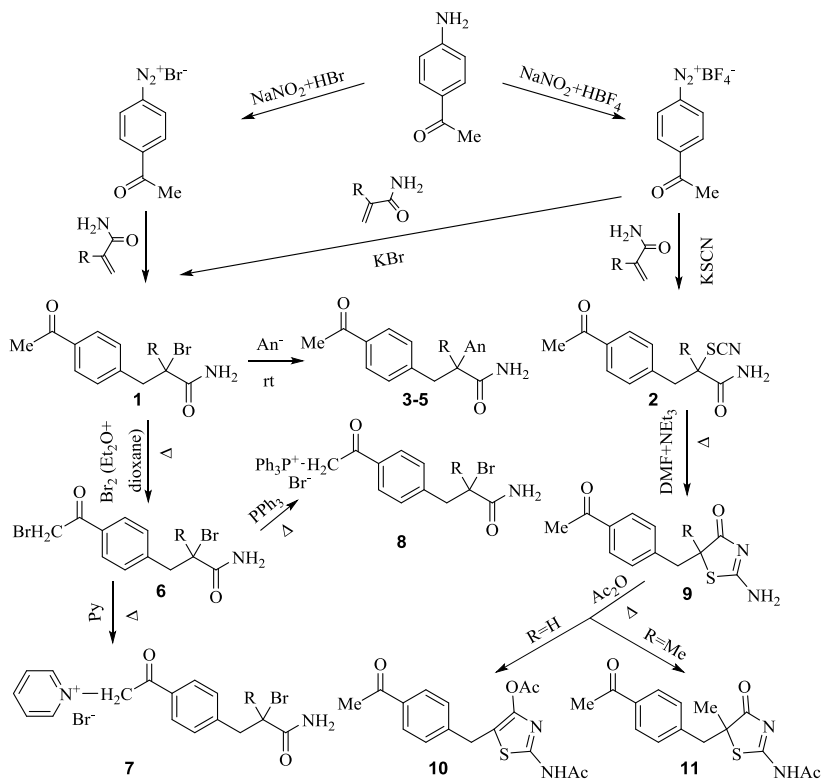
**Kytskai I. O., Vapliak L. V., Symchak R. V., Tulaidan H. M.,
Baranovskyi V. S.**

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
E-mail: baranovsky@tnpu.edu.ua

The number of aromatic diazo compounds investigated in anionarylation reactions, was recently significantly expanded due to the introduction of aniline derivatives with electron-donating and electron-withdrawing substituents and bisdiazonium salts based on diamines of benzidine and phenylene series [1].

As a continuation of our research, we investigated 4-acetylphenyldiazonium salts in Meerwein and anionarylation reactions. In particular, we obtained bromo- **1** and thiocyanatoarylation **2** products of acrylic and methacrylic acids amides, which contain an acetophenone fragment, and carried out their bromination and cyclization. Based on bromamides **1**, azido-, N,N-diethyldithiocarbamate-, and O-alkyldithiocarbonatoamides **3-5** were synthesized, which are practically impossible to obtain in conditions of direct anionarylation. α -Bromoacetyl derivatives **6** were transformed into quaternary pyridinium **7** and triphenylphosphonium

8 salts.



R = H, Me; An = N_3 (3), $\text{SC}(\text{S})\text{OEt}$ (4), $\text{SC}(\text{S})\text{NEt}_2$ (5)

It is known that 2-thiocyanatoamides are convenient reagents for the preparation of 2-aminothiazol-4(5*H*)-one derivatives [3]. We used this approach for the synthesis of 2-amino-5-(4-acetylbenzyl)-(5-methyl)thiazol-4(5*H*)-ones **9**, which are formed in quantitative yields as a result of cyclization of thiocyanatoamides **2** upon boiling in dimethylformamide-triethylamine (10: 1) mixture. Compounds **9** under the action of acetic anhydride or acetyl chloride were transformed into acetyl derivatives **10**, **11**.

According to the data of experimental studies, the synthesized compounds proved to be quite effective in terms of antibacterial and antifungal action.

Thus, it is shown that 4-acetylphenyldiazonium salts can be used as effective arylating reagents in dediazonation reactions in the presence of unsaturated compounds and nucleophiles. The introduction of acetyl group into the structure of anionarylation products expands the possibilities of their usage in pure organic synthesis, in particular for the preparation of biologically active compounds and sulfur- and nitrogen-containing heterocycles.

Literature

1. Grishchuk B. D., Gorbovyi P. M., Baranovskyi V. S., Ganushak N. I. Catalytic and non-catalytic reactions of diazonium aromatic salts with alkenes in the presence of nucleophiles. *Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry*. 2008. Vol. 6 (3). P. 16–32.
2. Sivaguru P., Ning Y., Bi, X. New strategies for the synthesis of aliphatic azides. *Chemical Reviews*. 2021. Vol. 121(7). P. 4253-4307.
3. Alzahrani A. Y., Shehab W. S., Amer A. H., Assy M. G., Mounier S. M., Aziz M. A., Hamid A. M. A. Design, synthesis, pharmacological evaluation, and in silico studies of the activity of novel spiro pyrrolo [3, 4-d] pyrimidine derivatives. *RSC advances*. 2024. Vol. 14(2). P. 995-1008.

UDC 547.775 + 547.496.3

THIOUREAS BASED ON 4-AMINOANTIPYRINE. SYNTHESIS AND RE-REGULATING ACTIVITY

¹ Omelchuk H. V., ² Baranovskyi B. V., ¹ Symchak R. V., ² Zagrychuk G. Ya., ¹ Baranovskyi V. S.

¹ Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

² I. Horbachevsky Ternopil National Medical University

E-mail: baranovsky@tnpu.edu.ua

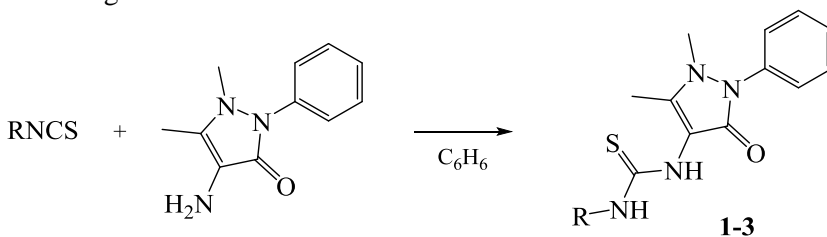
Today, one of the urgent tasks of organic chemistry is the synthesis of new analogues of natural biologically active compounds. In particular, special attention is paid to derivatives of heterocyclic carbonyl compounds as an important group of substances that are promising in terms of biological, clinical, medical, analytical and

Хімія навколишнього середовища, природних та біоактивних сполук

pharmacological research. Among them, heterocyclic compounds based on 4-aminoantipyrene are of priority because they are widely distributed in nature and have a wide range of biological activity [1]. 4-Aminoantipyrene is a pyrazole derivative that reduces temperature and is used to obtain azo dyes, protect against oxidative stress, and prevent some diseases, including cancer, which are important areas in medicine. Derivatives of 4-aminoantipyrene are also known for their wide use as catalysts and bioactive compounds characterized by analgesic, bactericidal, anti-inflammatory, antiviral, insecticidal, fungicidal and restorative effects. They are also strong inhibitors of cyclooxygenase isozymes, platelet thromboxane synthesis, and prostanoid synthesis, which catalyze the synthesis of prostaglandins [2].

In continuation of research on expanding the range of N,N'-disubstituted thioureas and the synthesis of potential bioactive thiocarbamate derivatives containing a 4-aminoantipyrene fragment, we studied the interaction of allyl-, phenyl-, 4-methylphenylisothiocyanates with 4-aminoantipyrene (4-amino-1, 5-dimethyl-2-phenyl-1,2-dihydro-3H-pyrazol-3-one).

It was established that the studied reactions are accompanied by the formation of the corresponding N,N'-disubstituted thioureas. The synthesis of thioureas based on 4-aminoantipyrene was carried out according to the schemes:



1-3: R = CH₂=CH-CH₂- (1), Ph (2), 4-MeC₆H₄ (3)

It was shown that aryl(allyl)isothiocyanates interact with 4-aminoantipyrene in a benzene environment with the formation of 1-aryl(allyl)-3-(1,5-dimethyl-3-oxo-2-phenyl-2,3-dihydro-1H-pyrazol-4-

yl)thioureas **1-3** in practically quantitative yields.

The structure of the synthesized compounds was confirmed by IR and ^1H NMR spectra. The characteristic absorption bands of thioamide, carbonyl, and amide groups are located in the region of 1218, 1696, and 3328 cm^{-1} , respectively, and the bands of δ_{CH} deformation vibrations of the benzene ring are observed at 812-808 cm^{-1} [3]. At the same time, in the IR spectrum of compound **1**, there is additionally a band of valence vibrations $\nu_{\text{C}=\text{C}}$ of the allylic fragment (1640 cm^{-1}).

Analysis of ^1H NMR spectrum of 1-allyl-3-(1,5-dimethyl-3-oxo-2-phenyl-2,3-dihydro-1*H*-pyrazol-4-yl)thiourea **1** confirms the presence in the structure of the molecule protons of allyl (5.06-5.85 ppm) and phenyl fragments (7.35–7.43 ppm), as well as protons of methyl groups (2.28 ppm) and two NH-protons of the thiocarbamate fragment (7.85, 11.41 ppm).

Thus, we have shown the possibility of formation of 1-allyl(aryl)-3-heterylsubstituted thioureas containing antipyrine fragments. The synthesized compounds are of interest as building blocks for the construction of complex heterocyclic systems with two or more heterocyclic fragments, have significant potential for further research in terms of obtaining new derivatives containing an antipyrine residue and creating combinatorial libraries of bioactive substances based on them that can be studied according to different directions of manifestation of practically useful properties.

Research on the re-regulating activity of synthesized 1-allyl(aryl)-3-heterylsubstituted thioureas was carried out on the seeds of winter wheat variety "Lazurna" of the first reproduction, which were treated with solutions of the corresponding substances **1-3** with a concentration of 0.002%. Distilled water was used as a control.

At the initial stage (3 days), the indicator of germination energy varied slightly (CV = 6%). Yes, the absolute majority of experimental options prevailed over the control - 3.7 - 18.5%. The most significant increase relative to the control variant was noted with substance 3 - 18.5%. A slightly smaller value was characterized by substance 1, + 13.6%. The energy of germination in the variant with substance 2 was insignificantly higher than in the control (+3.7%).

The mass of dry seedlings varied significantly - 14%. Substance

3 showed a significant increase in the dry weight of seedlings by 8.9%.

The mass of raw roots was slightly different from other indicators. Thus, the variation of this indicator was close to significant - 18%. High efficiency compared to the control was shown by substance 1, where the mass of roots increased by 40.8%.

In general, the results of the study proved that the compound 3 – 1-(4-methylphenyl)-3-(1,5-dimethyl-3-oxo-2-phenyl-2,3-dihydro-1H-pyrazol-4-yl)thiourea is characterized by a sufficiently high re-regulating activity, and the negative effect is observed for compound 1 – a product containing an allylic fragment in the molecule.

Thus, the obtained data confirm the perspective of using the synthesized compounds as seed germination stimulators and plant growth regulators.

Literature

1. Sakhare K. B., Bharate Y. N., Survase S. A., Sarwade K. N., Sakhare M. A. A Review on Biological Significance of 4-Aminoantipyrine (An Antipyrine derivative). *National Conference on New Trends in Green Chemistry and Environmental Science In Association with International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. 2022. V. 9, Iss. 8. <https://www.mspsmbeed.com/wp-content/uploads/2022/11/338-A-Review-on-Biological-Significance-of-4-Aminoantipyrine.pdf> (date of access: 24.03.2024).
2. Remes C., Paun A., Zarafu I., Tudose M., Caproiu M. T., Ionita G., Ionita P. Chemical and biological evaluation of some new antipyrine derivatives with particular properties. *Bioorganic chemistry*. 2012. V 41. P. 6-12. doi: 10.1016/j.bioorg.2011.12.003.
3. Leelavathy C., Antony S. A. Synthesis, spectral characterization and biological activity of metal (II) complexes with 4-aminoantipyrine derivatives. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2013. V. 113. P. 346-355. doi: 10.1016/j.saa.2013.04.055.

РОЗДІЛ 7

**ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ В
РОСЛИННИЦТВІ І ТВАРИННИЦТВІ**

УДК 633.16:631:527:572

**ОДЕРЖАННЯ АНДРОГЕННИХ ГАПЛОЇДІВ НА ОСНОВІ
МІЖВИДОВИХ ТА МІЖСОРТОВИХ ГІБРИДІВ ЯЧМЕНЮ
ЗА ВИКОРИСТАННЯ ДОВГОТРИВАЛОЇ ПОПЕРЕДНЬОЇ
ОБРОБКИ КОЛОССЯ**

Білинська О.В., Шелякіна Т.А.

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН

E-mail: bilynskaov@gmail.com

Попередня обробка суцвіть чи безпосередньо пиляків за умов низької позитивної температури або, навпаки, за температури, що значно перевищує оптимальну, є обов'язковим елементом технологій гаплоїдної індукції у багатьох видів рослин [1]. З огляду на те, що фаза розвитку мікроспор має критичне значення для зміни їхньої спеціалізації *in vitro* у бік формування багатоклітинних структур і регенерації рослин, застосування низької температури важливе для сповільнення гаметогенезу і подовження періоду морфогенетичної компетентності клітин. До прикладу, у ячменю оптимальна для одержання гаплоїдів у культурі пиляків *in vitro* фаза пізньої вакуолізованої мікроспори триває 2 доби. Натомість за температури 4 °С мікроспори можуть перебувати у цій фазі 14 і навіть 28 діб [2], що істотно розширює можливості масового одержання гаплоїдів у селекційних програмах порівняно із використанням свіжого рослинного матеріалу.

Проте дія субоптимальних температур за попередньої обробки пов'язана не лише зі зниженням темпів чи блокуванням розвитку мікроспор, а й із стимулюванням андрогенезу *in vitro*, що приводить до багаторазового зростання ефективності одержання гаплоїдів і на їхній основі – константних гомозиготних ліній. Детальне вивчення механізмів стимулюючого ефекту попередньої обробки засвідчило, що цей

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

стресовий чинник, особливо за його довготривалого впливу, викликає суттєві зміни у метаболізмі клітини, зокрема утворення NO, АФК, а також аутофагію [3]. Нерідко описані у літературних джерелах способи і режими попередньої обробки є непридатними для застосування у певних умовах експерименту, а тому потребують оптимізації. Нами удосконалено довготривалу обробку, що дозволило покращити якість матеріалу, одержаного з рослин, які було вирощено у польових, не завжди сприятливих умовах [4].

Мета досліджень полягала в оцінюванні ефективності застосування інноваційного елементу технології – довготривалої попередньої обробки ізольованого колосся для одержання гаплоїдів на основі міжвидових та міжсорткових гібридів ячменю.

Як матеріал для гаплоїдизації використано шість гібридних популяцій F₁–F₂, чотири з яких було одержано за схрещування культурного ячменю з *H. spontaneum*. Останній вид було представлено колекційними зразками Національного центру генетичних ресурсів рослин України: IU30009 (SIR), IU06712 (Az), IU 046086-1 (ISR), культурний ячмінь – сортами Великан (BLR), Явір, Модерн (UKR) та CDC Alamo (CAN). До міжвидових схрещувань *H. spontaneum* було залучено як материнську форму. Андрогенну здатність гібридів порівнювали з еталоном високого рівня прояву ознаки – лінією DH00-126.

Рослини-донори пиляків вирощували у польових умовах. Гідротермічний режим впродовж вегетаційного періоду у 2023 р. був сприятливим для росту і розвитку ярого ячменю. Попередню обробку колосся проводили шляхом витримування пагонів у воді за температури 4 °C у холодильнику впродовж 5–6 діб (контроль) та колосся впродовж 28 діб згідно з розробленим нами способом. Пиляки культивували на середовищі NMSмод. 2 [5], яке містило як гелеутворювач агар (0,8 %, Ferak, США). Морфогенні структури (калюс та ембріоїди) переносили на регенераційне середовище з мінеральною основою MC та зниженим до 3 % вмістом сахарози, 100 мг/л міо-інозиту, 100 мг/л глютаміну, 0,5 мг/л БАП та 0,05 мг/л НУК, загущене агаром (0,8 %).

Результати досліджень засвідчили майже дворазове зростання середньої частоти морфогенних пиляків у гібридів (з 30,56±0,80 % до 56,90±1,14 %) за використання удосконаленого

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

способу попередньої обробки. Середня кількість зелених рослин-регенерантів збільшилася з $9,3 \pm 0,5$ шт. до $22,9 \pm 1,0$ шт.

Було підтверджено доцільність залучення до гаплоїдизації гібридів, одержаних на основі генотипів, чутливих до андрогенезу *in vitro*, зокрема таких сортів, як Великан, Явір та Модерн. У комбінаціях схрещування за участі цих сортів мало місце домінування або неповне домінування їхньої андрогенної здатності, що дозволило одержати рослини-регенеранти на основі не лише міжсорткових, але й міжвидових гібридів. Найвищу кількість морфогенних пиляків було одержано у комбінаціях *H. spontaneum* IU30009×Великан ($64,01 \pm 2,32$ %), Явір×Модерн ($62,57 \pm 2,58$ %), Явір×Alamo ($61,87 \pm 2,91$ %) та *H. spontaneum* 046086-1×Великан ($58,88 \pm 3,05$ %). За кількістю одержаних рослин-регенерантів виділилися комбінації Явір×Modern ($39,42 \pm 2,61$ %), *H. spontaneum* 046086-1×Великан ($27,64 \pm 2,12$ %), *H. spontaneum* IU30009×Великан ($27,64 \pm 2,12$ %). У модельного генотипу DH00-126 за застосування удосконаленої технології кількість морфогенних пиляків зросла з $51,94 \pm 2,26$ % до $76,08 \pm 1,76$ %, а кількість зелених регенерантів – з 39,1 до 106,9 шт. на 100 культивованих пиляків.

Заслуговує на увагу порівняння гаплопродукційних показників у гібридів F₁ та F₂ комбінації схрещування *H. spontaneum* IR30009×Великан. Зокрема, було встановлено істотні переваги більш пізнього гібридного покоління за частотою утворення морфогенних структур і за виходом зелених рослин як у контролі, так і у дослідному варіанті. Особливо контрастними виявилися відмінності за кількістю нормально пігментованих рослин-регенерантів. Так, у контролі у F₂ було одержано 11,8 рослин на 100 культивованих пиляків, а у F₁ – 2 рослини. За використання удосконаленого способу попередньої обробки відповідні показники становили 22,2 та 8,6 зелених рослин.

Таким чином, на матеріалі, одержаному за міжвидових та міжсорткових схрещувань, підтверджено ефективність розробленого способу довготривалої попередньої обробки за його використання у технологічній схемі гаплоїдної індукції у ячменю. Більш високі показники гаплопродукції у гібридів F₂ порівняно з F₁ можуть бути предметом генетичних досліджень, а також дозволяють планувати раціональне використання гібридного

матеріалу для маніпуляцій *in vitro*.

Список літератури

1. Seguí-Simarro J.M., Belinchón Moreno J., Guillot Fernández M., Mir R. Species with Haploid or Doubled Haploid Protocols. *Doubled Haploid Technology*. 2021. doi:10.1007/978-1-0716-1315-3_3, (41-103).
2. Sunderland N., Huang B. Barley anther culture: the switch of program and albinism. *Hereditas*. 1985. Supl. 3. P. 27–40.
3. Rodríguez-Serrano M., Bárány I., Prem D., Coronado M.J., Risueño M.C., Testillano P.S. NO, ROS, and cell death associated with caspase-like activity increase in stress-induced microspore embryogenesis of barley. *J. Exp. Bot.* 2012 V. 63, N 5. P.2007–2024. doi: 10.1093/jxb/err400.
4. Bilynska O.V. Influence of spike pretreatment at a low temperature on the efficiency of spring barley haploid production in anther culture *in vitro*. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*. 2020. V.30, N 1, P. 68–76. doi:10.15407/cryo30.01.068.
5. Білінська О.В., Дульнев П. Г. Ефективність отримання гаплоїдів ярого ячменю у культурі пиляків *in vitro* на основі гібридного матеріалу: порівняння базової та удосконаленої технологій. *Фактори експериментальної еволюції організмів*: зб. наук. праць. К.: Логос, 2019. Т. 25. С. 178–183. doi:10.7124/FEEO.v. 25.1161.

УДК 581.1:582.94

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ФЛАВОНОЇДІВ У ЛИСТКАХ
DRACOSERPHALUM MOLDAVICA L. У КУЛЬТУРІ *IN VITRO*
ВІД СКЛАДУ ПОЖИВНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Воробей Т.Ю., Гайдаржи О.В., Нужина Н.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
E-mail: tikti.231@gmail.com

Зростаюча потреба охорони здоров'я в лікарських засобах рослинного походження ставить на перший план питання забезпечення сировинної бази за рахунок додаткових рослинних джерел. Широка і неконтрольована експлуатація ефірно-олійних

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

рослин призвела до виснаження багатьох сировинних ресурсів, тому виникає необхідність у вивченні інтродукційних зразків, які можуть забезпечити стабільну сировинну базу. У цьому плані особливий інтерес представляють ефірно-олійні рослини родини Ясноткові, оскільки вони містять комплекс біологічно активних речовин (ефірні масла, терпеноїди, сапоніни, полісахариди, фенольні сполуки та ін.) [1].

Зокрема *Dracocephalum moldavica* L. містить різні сполуки, у тому числі фітонциди, флавоноїди, фенолкарбонові кислоти та тритерпеноїди [2, 3]. Змієголовник молдавський широко застосовується в народній медицині багатьох країн світу як спазмолітик, седативний засіб, анальгетик, має антимікробну та протизапальну дію [4, 5]. Ефірна олія *D. moldavica* часто використовується в ароматерапії та косметології.

Застосування біотехнологічних методів отримання вторинних метаболітів рослин стає все більш популярним останніми роками. Використання рослин *in vitro* з метою отримання біологічно активних речовин є також одним з важливих і актуальних методів збереження природного біорізноманіття.

Метою даної роботи було встановити ефективний склад поживного середовища для підсилення біосинтезу флавоноїдів в листках *Dracocephalum moldavica* у культурі *in vitro*.

Матеріали та методи. Для стимулювання проростання насіння *D. moldavica* попередньо обробляли 0,1 % бурштиновою кислотою протягом 1 години. Стерилізацію насіння для введення в культуру *in vitro* проводили за методикою: 1 хв. у 70% етиловому спирті, 10 хв. у сулемі, 8 хв. у 70% NaClO. Насіння висаджували на поживне середовище ½ MS по 20 штук на банку, 5 банок на групу.

Рослини *in vitro*, що росли на поживному середовищі ½ MS з насінини, були пересаджені методом мікроклонування на різні поживні середовища для визначення впливу різного складу середовища на синтез флавоноїдів.

I група – контрольна, висаджували на поживне середовище ½ MS.

II група – середовище Гамборга B5,

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

III група - середовище $\frac{1}{2}$ MS без KNO_3 ,

IV група - середовище $\frac{1}{2}$ MS + 1 мл кінетину, + 0,2 мл НОК,

V група - середовище $\frac{1}{2}$ MS без KNO_3 + 1 мл кінетину, + 0,2 мл НОК.

Визначали вміст флавоноїдів у листках в перерахунку на рутин та суху масу.

Паралельно рослини вирощували в тепличних умовах із денною температурою $+25\text{ }^\circ\text{C}$ та нічною $+20\text{ }^\circ\text{C}$, що наближено до оптимальних умов висаджування в ґрунт насіння. Брали по 20 насінин у лунку по 5 лунок на групу.

Статистичний аналіз проводився за допомогою програми GraphPad Prism 8 методом мультифакторного аналізу ANOVA з поправкою Tukey.

Результати. Виявили, що в контрольній групі *in vitro*, де рослини вирощені з насінини і мають відповідно розвинутий корінь, вдвічі більше флавоноїдів, ніж у більшості груп *in vitro* після пересаджування мікроклонів на свіжі поживні середовища. Це можна пояснити, по-перше, відсутністю кореневої системи в щойно отриманих мікроклонів, що ускладнює мікроживцю засвоювати поживні речовини, а також стадією адаптації після клонування та висаджування на нове поживне середовище. Разом з цим, кількість флавоноїдів у контрольній групі *in vitro* не відрізняється від такої у тепличних рослин того ж віку та таких, що вже досягли генеративного віку, але ще не квітнуть. Тобто, з віком вміст флавоноїдів у листках рослини, за умов вирощування у ґрунті, не змінюється до періоду квітання і є подібним до такого при вирощуванні змієголовника в культурі *in vitro* з насінини на бідному поживному середовищі $\frac{1}{2}$ MS.

Разом з цим, висаджені на нові поживні середовища мікроклони більшості груп не відрізнялись достовірно між собою та мали нижчі показники, ніж до процесу клонування. Такий результат викликаний, з одного боку, адаптацією після пересаджування, з іншого боку, різним напрямком розвитку рослин за різних умов. Так, у пересадженій на поживне середовище $\frac{1}{2}$ MS групі найбільше відбувалось коренеутворення, тому спостерігалася тенденція до дещо вищих показників

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

флавоноїдів, порівняно з більшістю груп *in vitro*. Рослини на середовищі Гамборга В5 спрямували свій розвиток на утворення калюсу, а на середовищі $\frac{1}{2}$ MS без KNO_3 виявили значне пригнічення розвитку рослин, тому в листках рослин цих двох груп виявили дуже низькі показники вмісту флавоноїдів. Мікроклони, що вирощувались на поживному середовищі $\frac{1}{2}$ MS з додаванням 1 мл кінетину та 0,2 мл НОК показали інтенсивний ріст, тому в цій групі не відбувалось накопичення вторинних метаболітів. В той же час, найбільші показники вмісту флавоноїдів у листках показали мікроклони, які вирощували на поживному середовищі $\frac{1}{2}$ MS без KNO_3 , але з додаванням 1 мл кінетину та 0,2 мл НОК. В цій групі показники флавоноїдів були у 3-6 разів вищі за такі в інших дослідних групах *in vitro*, та в півтора рази більші, ніж за умов вирощування в ґрунті. Ймовірно, фітогормони стимулювали мікроклони, але ріст в довжину не відбувався, оскільки не достатня кількість азоту в поживному середовищі, що сприяло накопиченню флавоноїдів.

Список літератури

1. Davazdahemami S., Allahdadi M. Essential oil yield and composition of four annual plants (ajowan, dill, Moldavian balm and black cumin) under saline irrigation. // *Food Ther. Health Care*. 2022. №4(1). P. 5.
2. Rudy S., Dziki D., Biernacka B., Krykowski A., Rudy M., Gawlik-Dziki U., Kachel M. Drying characteristics of *Dracocephalum moldavica* leaves: Drying kinetics and physicochemical properties. // *Processes*. 2020. №8, 509.
3. Zhan M., Ma M., Mo X., Zhang Y., Li T., Yang Y., Dong L. *Dracocephalum moldavica* L.: An updated comprehensive review of its botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and application aspects. // *Fitoterapia*. 2024. № 172, 105732.
4. Aćimović M., Sikora V., Brdar-Jokanović M., Kiproviski B., Popović V., Koren A., Puvača N. *Dracocephalum moldavica*: Cultivation, chemical composition and biological activity. // *J. Agron. Technol. Eng. Manag.* 2019. №2. P. 153–167.
5. Cao W., Yuan Y., Wang Y., Tian L., Wang X., Xin J., Wang Y., Guo X., Qin D. The mechanism study of *Dracocephalum*

moldavica L. total flavonoids on apoptosis induced by myocardial ischemia/reperfusion injury in vivo and *in vitro*. // *Biomed. J. Sci. Tech. Research*. 2019. №20. P. 14985–14996.

УДК 502.3

**ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ
ЕКОСИСТЕМ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ**

Грицак Л.Р.¹, Бойко Д.А.², Федорчак Д.А.¹

¹Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

²Львівський національний університет природокористування
E-mail: hrytsak1972@gmail.com; danka4741@gmail.com;
fedorchak0102@ukr.net

Екосистеми нашої планети – це складна мережа життя, де кожний вид, яким би малим він не був, виконує свою життєво важливу функцію. Комплекс чинників, пов’язаних із вирубкою лісів, забрудненням довкілля, кліматичними змінами, ініціював деградацію та руйнування екосистем. Ці процеси відбуваються із загрозливою швидкістю і позначаються на усіх компонентах екосистеми: від біорізноманіття до стабільності клімату. З огляду на такі виклики, біотехнологія стала потужним інструментом екологічного відновлення. Цей інноваційний підхід здатний використовувати потенціал живих організмів для відновлення екосистем. Біотехнологія володіє широким спектром наукових методів, які й дозволяють отримувати продукцію або розробляти процеси, здатні стабілізувати стан екосистем. Мета нашої роботи полягає у систематизації інструментальної бази біотехнології, яка дозволяє відновити екологічну рівновагу екосистем.

До таких інструментів належить біоремедіація, який передбачає використання біологічних систем для зменшення забруднення повітряних, водних чи наземних систем [3]. Застосування організмів дозволяє зменшити потенційну токсичність хімічних забруднювачів у навколишньому середовищі шляхом їх деградації, трансформації та іммобілізації. Повна біодеградація призводить до детоксикації шляхом мінералізації забруднюючих речовин до CO₂, води і нешкідливих

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

неорганічних солей [1]. Неповна біодеградація призводить до утворення сполук, які простіші, на відміну від вихідної сполуки, за фізичними та хімічними характеристиками. Біологічне розкладання за допомогою мікроорганізмів є найбільш поширеним варіантом біоремедіації. Багато мікроорганізмів можуть адаптувати свій катаболізм під використання певних забруднювачів навколишнього середовища в якості субстрату живлення, тим самим сприяючи біологічному відновленню середовища. Біоінженер повинен створити лише необхідні фізико-хімічні умови для підтримання життєдіяльності цих мікроорганізмів.

Різновидом біоремедіації є біофільтрація. Цей метод використовує живий матеріал для уловлювання та біологічного розкладання технологічних забруднювачів. Процеси біофільтрації широко використовуються для очистки стічних вод, уловлювання шкідливих хімічних речовин або мулу з поверхневих стоків і мікробіологічного окислення забруднень повітряного середовища. У мультимедійно-багатофазній біоремедіації потоки відходів, що містять леткі органічні сполуки (ЛОС), можуть оброблятися за допомогою комбінацій фаз, що включають тверде середовище, газ та рідину до складу біологічних систем. Біофільтри та біокрапельні системи містять пористе середовище, на якому мікроорганізми (бактерії та гриби) утворюють біоплівку. У процесі пропускання повітря (або іншого газу), що містить ЛОС, через біологічно активне середовище, мікроорганізми розщеплюють ці сполуки до більш простих речовин: CO_2 (якщо аеробний процес), метану (якщо анаеробний процес) і води. Основна відмінність між системами біофільтрації та краплинними системами полягає у способі взаємодії рідини з мікроорганізмами. Рідка фаза в біофільтрі нерухома, але повітряні потоки проходять через пористе середовище системи створюючи ефект біопротікання. Найновіший біотехнологічний метод біофільтрації в якості пористого середовища використовує компост. Компост містить численні види корисних мікробів, які вже адаптовані до органічних відходів. Промислові компостні біофільтри досягли видалення ЛОС на рівні 99% [3]. У краплинних системах повітря за допомогою системи розпилення

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

зволужується і подається у камеру вже у вигляді крапель або струменів.

Комбіновані технології дозволяють безпосередньо відновити екологічний стан річок. Вони поєднують у собі біологічні фільтри із складним, п'ятирівневий процес очистки води, плавучі острови із рослинами та технології відновлення екологічного ландшафту. Останнє передбачає створення вздовж річок багатоетапних серій водно-болотних угідь, до складу яких входять різних типів водно-болотних угідь [2]

Біотехнологи, використовуючи інструментальні бази метаболічної інженерії та біохімії, створили «дизайнерський біокаталіз», у якому певні бажані властивості організмів об'єднано для оптимізації швидкості та специфічності процесів біодеградації. Ферменти, вилучені з природних мікроорганізмів, рослин і тварин, використовують для каталізації хімічних реакцій з високою ефективністю та специфічністю. Порівняно зі звичайними хімічними процесами, біокаталітичні процеси споживають менше енергії, виробляють менше відходів і використовують менше органічних розчинників, які потім потребують обробки та утилізації [1]. Імітуючи природний добір та еволюцію, можна покращити ефективність природних ферментів. Вони можуть швидко «еволюціонувати» за допомогою ініціювання мутацій або технологій генної інженерії, завдяки високопродуктивному скринінгу відбиратися для каталізації конкретних хімічних реакцій та оптимізації їхньої роботи у певних умовах, зокрема, таких, як підвищена температура .

Важливе значення для відновлення та стабілізації екосистем мають напрацювання та інструментарій генної інженерії. Її технології дозволяють підвищувати стійкість вразливих видів організмів до мінливих умов довкілля. Генетична модифікація сільськогосподарських культур вирішує проблему продовольчої безпеки та дозволяє відмовитися від застосування хімічних пестицидів для зменшення їх екотоксикологічного впливу на біоту. Методи кріоконсервації дозволяють зберегти генетичне різноманіття екосистем, зокрема, генетичний матеріал зникаючих видів. У майбутньому його буде розмножено

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

методами культури *in vitro* та використано для репатріації в дику природу.

Не зважаючи на величезний потенціал біотехнології для відновлення екологічної рівноваги екосистем, існує низка безпекових та етичних проблем, які необхідно при цьому розв'язати. Маніпулювання екосистемами за допомогою біотехнологій може мати непередбачені наслідки. Внесення генетично модифікованих організмів у дику природу здатне порушити існуючі екологічні відносини або призвести до ненавмисного порушення екологічного балансу. Необхідно враховувати й той факт, що рішення щодо того, який вид необхідно відновити і як це зробити за використання біотехнологічних методів, часто має етичне підґрунтя, зокрема: перевага має бути віддана видам, які є економічно цінними, чи тим, що відграють важливе функціональне значення для природних екосистем? Використання біотехнологій потребує й нормативно-правової бази, що регламентує та регулює застосування біоінструментів для відновлення екологічної рівноваги. Збалансування інновацій щодо захисту довкілля та природного середовища є складним завданням, яке вимагає співпраці між науковцями, політиками та громадськістю.

Отже, біотехнологія володіє достатньою інструментальною базою та ресурсами для відновлення пошкоджених екосистем: від очищення забруднених вод, ґрунтів та повітря до відновлення видів, що перебувають під загрозою знищення. Однак необхідно враховувати усі ризики та віднайти баланс між інноваціями та збереженням природи, керуючись науковими здобутками та відповідальним управлінням.

Список літератури

1. Ezeonu C.S., Tagbo R., Anike E.N., Oje O.A., Onwurah I.N. Biotechnological tools for environmental sustainability: prospects and challenges for environments in Nigeria-a standard review. *Biotechnol Res Int.* 2012;450802. doi: 10.1155/2012/450802.
2. Li P, Li D, Sun X, Chu Z, Xia T, Zheng B. Application of Ecological Restoration Technologies for the Improvement of Biodiversity and Ecosystem in the River. *Water.* 2022;

14(9):1402.

3. Vallero A.D. Environmental Biotechnology: A Biosystems Approach. 1st edition. Burlington, Mass, USA: Elsevier Academic Press; 2010.

УДК: 579.254.2:633.11

**ТОЛЕРАНТНІСТЬ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ
РОСЛИН ПШЕНИЦІ З ГЕТЕРОЛОГІЧНИМ ГЕНОМ
ОРНІТИН- δ -АМІНОТРАНСФЕРАЗИ ДО ВОДНОГО
ДЕФІЦИТУ**

**Дубровна О.В., Прядкіна Г.О., Михальська С.І.,
Комісаренко А.Г.**

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, м. Київ
E-mail: allakomisarenko2017@gmail.com

Рослини озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.) в сучасних умовах часто потерпають від водного дефіциту, тому створення посухостійких сортів даної культури є актуальною задачею сьогодення. Одним з перспективних напрямів отримання таких рослин є застосування методів генетичної інженерії. Для цього розробляють молекулярні біотехнології, спрямовані на отримання стійких генотипів шляхом інтеграції в геном культурних рослин рекомбінантних молекул ДНК, здатних на генетичному рівні контролювати процеси адаптації/стійкості [3]. Відомо, що у відповідь на стрес змінюється рівень експресії генів, які контролюють метаболізм різних амінокислот. Найчастіше досліджують гени, що контролюють синтез та катаболізм проліну, оскільки додатковий вміст цієї амінокислоти підвищує загальну стійкість рослин до абіотичних стресів [2]. До їх числа відноситься ген орнітин- δ -амінотрансферази (*oat*), який кодує фермент (OAT, EC 2.6.1.13), що каталізує перенесення дельта-аміногрупи орнітина на альфа-кетоглутарат з утворенням пірролін-5-карбоксилату (П5К) та глутамату. Ця реакція є частиною системи взаємоперетворень таких амінокислот, як аргінін, орнітин, глутамат і пролін [1].

Метою роботи була оцінка посухостійкості трансгенних рослин озимої пшениці, які несуть гетерологічний ген *oat*

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

люцерни, на основі аналізу фізіолого-біохімічних характеристик та господарських показників. Матеріалом для досліджень слугували генотипи озимої пшениці УК106/19 і УК 171/19h та отримані на їх основі методом *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації *in planta* трансгенні лінії насінневого покоління Т₃. Генетичну трансформацію проводили з використанням штаму AGL0, що містить бінарну векторну конструкцію pBi-OAT з цільовим геном орнітин- δ -амінотрансферази *Medicago truncatula* [4]. Вихідні та трансгенні генотипи вирощували у вегетаційних посудинах за умов нормального поливу – 70% від повної вологості (ПВ), та за умов посухи: у фазу виходу в трубку вологість ґрунту зменшували до 30% ПВ і підтримували її на цьому рівні протягом 7 діб. Вміст вільного L-проліну визначали за методикою Чинарда [5]. Активність ОАТ оцінювали як кількість ферменту, що каталізує перетворення 1 мкмоль субстрату/хв (1U) в перерахунку на 1мг білка [5]. Вміст хлорофілів *a* та *b* та загальних каротиноїдів визначали методом екстракції пігментів диметилсульфоксидом [2]. Показники структури врожаю визначали у фазу повної стиглості зерна у трьохкратній повторності [4].

Оцінка активності ферменту ОАТ показала, що у рослин вихідних генотипів за нормальних умов вирощування і за тижневої посухи вона була меншою (відповідно $0,33 \pm 0,04$ та $0,7 \pm 0,05$ нмоль П5К/хв.*мг білка), ніж у трансгенних форм ($0,55 \pm 0,09$ та $0,96 \pm 0,07$ нмоль П5К/хв.*мг білка, відповідно). Отже, встановлено, що активність ОАТ у трансгенних рослин за різних умов вологозабезпечення була у 1,4-1,7 рази вищою, що очевидно, обумовлено експресією чужорідного гена. Проте за вмістом вільного L-проліну суттєвої різниці між досліджуваними варіантами рослин не спостерігалось.

Оскільки вміст хлорофілу у листках вважають важливим індикатором реакції рослин на посуху було проаналізовано кількісні зміни та співвідношення фотосинтетичних пігментів у ліній Т₃ порівняно з вихідними генотипами, за стресових умов водного дефіциту. Встановлено, що вміст суми хлорофілів (*a+b*) у прапорцевих листках трансгенних ліній, в середньому, був на 9,5 % вищим, порівняно з вихідними рослинами, за вмістом каротиноїдів – вони істотно не відрізнялися. Співвідношення

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

хлорофілів *a/b* у прапорцевих листках ліній T₃ за дії посухи не суттєво відрізнялося від показників вихідних рослин, тоді як співвідношення вмісту каротиноїдів до хлорофілу у них було нижчим: відповідно 0,25 та 0,23. Отже, вищий вміст суми хлорофілів та менша величина співвідношення вмісту каротиноїдів до хлорофілу свідчать про кращу адаптацію пігментного апарату трансформантів до посушливих умов.

Встановлено, що введення в геном рослин пшениці генетичної конструкції, що підсилює експресію гена *oat*, стимулює ріст коренів в умовах норми/стресу. Так, довжина коренів у T₃ рослин була більшою ніж у вихідних генотипів в середньому на 3,65 см у варіанті з достатнім вологозабезпеченням та на 4,4 см – за водного дефіциту. Маса коренів генетично змінених рослин вирощених в нормальних умовах була вищою, ніж у рослин вихідних генотипів. За дії посухи маса сухої речовини коренів у нетрансформованих рослин зменшувалась на 29 %, а в модифікованих – в середньому на 13 %. В той же час, біотехнологічні рослини в умовах достатнього вологозабезпечення за масою зерна та кількістю зерен з головного колосу істотно не відрізнялися від рослин вихідних генотипів. Проте, за стресового стану вони достовірно перевищували відповідні значення у нетрансгенних рослин. Більша врожайність рослин T₃ пшениці була наслідком збільшення кількості продуктивних стебел – в середньому 2,9, проти 2,2 – у вихідних генотипів.

Таким чином, порівняльний аналіз фізіолого-біохімічних характеристик та господарських показників трансгенних рослин м'якої пшениці, що містять гетерологічний ген *oat* люцерни, засвідчив їх підвищену толерантність до ґрунтової посухи порівняно з нетрасгенними генотипами. Більш висока зернова продуктивність генетично модифікованих рослин пшениці з додатковою копією гена орнітин-δ-амінотрансферази в умовах недостатнього забезпечення водою обумовлена краще розвиненою кореневою системою та більшою кількістю продуктивних стебел, ніж у рослин вихідних генотипів.

Список літератури

1. Anwar A., She M., Wang K., Riaz B., Ye X. Biological roles of ornithine aminotransferase (OAT) in plant stress tolerance:

- present progress and future perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 2018. Vol. 19. P. 3681. <https://doi.org/10.3390/ijms19113681>
2. Dubrovna O.V., Stasik O.O., Priadkina G.O., Zborivska O.V., Sokolovska-Sergienko O. G. Resistance of genetically modified wheat plants, containing a double-stranded RNA suppressor of the proline dehydrogenase gene, to soil moisture deficiency. *Agricultural Science and Practice*. 2020. Vol. 7, No 2. P. 24–34. <https://doi.org/10.15407/agrisp7.02.024>
 3. Hiei Y., Ishida Y., Komari T. Progress of cereal transformation technology mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. P. 628. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00628>
 4. Комісаренко А.Г., Михальська С.І., Курчій В.М. Продуктивність рослин пшениці озимої з додатковою копією гена орнітинамінотрансферази за умов водного дефіциту. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2019. Т. 25. С. 247–252. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v25.1171>
 5. Михальська С.І., Комісаренко А.Г., Курчій В.М. Гени метаболізму проліну в біотехнології підвищення осмостійкості пшениці. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2021. Т. 28. С. 94–99. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v28.1382>

УДК 574.64

ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОЇ ДІЇ ГІДРОЛІЗАТУ ДРІЖДЖІВ НА БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ *CAPSICUM ANNUUM L.*

Качура В.Ю., Нестерова Н.Г.

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mail: viktoriyakachura2@gmail.com

Основоположною стратегією розвитку сільськогосподарського сектору України та світу є поліпшення якості та збільшення обсягів виробництва аграрної продукції. На сьогодні, підвищення врожайності культур досягається не тільки

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

селекційно-генетичними методами, внесенням добрив чи застосуванням технологій захисту, але й використанням регуляторів росту рослин, у тому числі, біостимуляторів, що можуть бути природного або синтетичного походження. Достовірно відомо, що у малих дозах такі біологічно-активні сполуки здатні впливати на весь спектр метаболічних процесів рослин, що зумовлює активний ріст і розвиток рослин, а також підвищення їхньої життєдіяльності та урожайності [1].

Глобальні проблеми аграрного ринку сьогодні включають функціональні потреби у зниженні антропогенного впливу на агроєкосистеми та біосферу в цілому, враховуючи аспекти підвищення продуктивності сільськогосподарських культур мінімізувавши використання агрохімікатів синтетичної природи. Отже, особливої актуальності набувають розробки нових екологічно безпечних препаратів, синтез яких ефективніше та економічніше проводити біологічним шляхом за участю мікроорганізмів, повністю виключаючи хімічний етап.

Гідролізат дріжджів є одним із перспективних засобів біологічної регуляції росту рослин, який отримують шляхом розкладання дріжджів за участю ферментів. Цей функціональний білковий матеріал має ряд переваг:

- швидке створення та використання виробничих ресурсів;
- абсолютна відсутність загрози біологічній безпеці, оскільки дріжджовий гідролізат не містить гомологічного білка внаслідок різновидової приналежності;
- контроль власне сировини та процесу виробництва [1].

Очевидний позитивний вплив гідролізат дріжджів проявляє на овочевих культурах. У першу чергу це активізація ростових процесів на етапі розсади, що стає стійкішою до дії негативних стресових чинників, також спостерігається збільшення вегетативної маси, посилення формування кореневої системи та зростання власне імунітету рослин. Водночас, добрива на основі дріжджів проявляють високу ефективність щодо стимуляції розвитку ґрунтової мікрофлори [1].

Науковцями визначено, опосередкований вплив гідролізату дріжджів на сільськогосподарські рослини, що пояснюється специфічністю складу та властивостей кінцевого продукту [2].

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

Дослідники описали очікувані ефекти, розділивши їх на етапи:

1. посилення росту і розвитку, оскільки гідролізат дріжджів може містити амінокислоти, вітаміни та інші біологічно-активні речовини, що сприяють посиленню ростових процесів.

2. стабілізація імунітету, що виявляється у збільшенні опірних властивостей рослин щодо стресів різної природи, ураження вірусними та бактеріальними хворобами тощо.

3. оптимізація врожайності за рахунок підвищення ефективності фотосинтетичної системи хлоропластів, збільшення кількості плодів, зерна у зернівках тощо.

4. формування стресорезистентності за допомогою маркерних взаємодій стрес-протекторної системи.

5. покращення біологічної якості продукції, шляхом посиленого накопичення корисних речовин білкової природи, вітамінів, флавоноїдів тощо у клітинах рослин [3].

Першочергової важливості такі аспекти мають для сільськогосподарських рослин, що активно використовуються у їжу людиною, для приготування екстрактів та у косметології. Перець солодкий (*Capsicum annuum* L.), є однорічною рослиною родини паслінних (*Solanaceae*). Стебло перцю коротке або середньої довжини, що вирощується як в умовах відкритого, так і закритого ґрунту (тепличні фермерські господарства). Водночас, вирощування перцю вимагає помірно теплого клімату, оптимальної освітленості та високо-дренованого ґрунту [4].

Використання дріжджового екстракту передбачає дотримання чітко визначеної агротехніки: дріжджі ефективні у визначених температурних межах 25-37°C; оптимальна температура та вологість ґрунту – дріжджову суміш вносять у вологий, попередньо змочений ґрунт (ПВ 70%), що забезпечує глибше проникнення діючих речовин. Очевидно, що гідролізат дріжджів пришвидшує терміни зростання розсади перцю, сприяє розвитку потужної кореневої системи та, в подальшому, зміцненню імунітету рослин.

Таким чином, застосування гідролізату дріжджів для покращення біологічних властивостей рослин *C. annuum* розкриває нові перспективи у галузі біотехнологій виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції.

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

Використання гідролізату дріжджів, як джерела амінокислот, вітамінів, мінеральних та біологічно-активних речовин, позитивно впливає на ріст надземної частини та кореневої системи рослин; дозволяє підвищити ефективність засвоєння органічних речовин та води кореневими волосками, збільшує кількість та активність фотосинтетичних пігментів хлоропластів та безпосередньо впливає на формування високого імунітету рослин. Такі технології можуть стати ключовим інструментом для забезпечення стійкості та високої продуктивності рослин, що вкрай необхідно для підвищенні прибутковості та ефективності аграрного сектору у повоєнному відновленні економіки України.

Список літератури

1. Вдовенко С.А. Ефективність застосування деяких біопрепаратів на продуктивність цибулі-порей / С.А. Вдовенко, О.В. Давимока, Л.М. Мудрицька // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. Житомир, 2016. № 2 (56), Т.1.С. 108–113.
2. Cappelletti M. The effect of hydrolysis and protein source on the efficacy of protein hydrolysates as plant resistance inducers against powdery mildew / M. Cappelletti, M. Perazzolli, A. Nesler, O. Giovannini, I. Pertot // Journal of Bioprocessing&Biotechniques. 2017 (5), P. 300-306-1.
3. Shahrajabian M.H. The effects of aminoacids, phenols and proteinhydrolysates as biostimulants on sustainable crop production and alleviated stress / M.H. Shahrajabian, Q. Cheng, W. Sun // Recent Patents on Biotechnology, 2022, 16(4), P. 319-328.
4. Liu Q. The growth promotion of peppers (*Capsicum annuum* L.) by *Trichoderma guizhouense* NJAU4742-based biological organic fertilizer: Possible role of increasing nutrient availabilities / Q. Liu, X. Meng, T. Li, W. Raza, D. Liu, Q. Shen // Microorganisms, 2020. 8(9), P. 1296.

УДК 581.1

**ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФО- ТА
КАЛУСОГЕНЕЗ РОСЛИН РОДУ *SEDUM***

Матвєєва Н., Белокурова В., Ратушняк Я.І., Дуплій В.П.

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
E-mail: joyna@ukr.net

Мікроклональне розмноження є технікою, яка використовується для швидкого розмноження рослин у стерильних умовах. Цей метод передбачає вирощування рослинних клітин, тканин або органів у штучному живильному середовищі, доповненому регуляторами росту та іншими необхідними поживними речовинами. Спосіб дозволяє швидко розмножувати рослини у порівнянні з традиційними методами, такими як розмноження насінням або вегетативне розмноження. Це особливо вигідно для лікарських рослин із повільними темпами росту або тих, які важко розмножувати звичайними способами. Крім того, важливо з'ясувати умови формування калусної тканини, яка може бути використана для продукування біологічно активних сполук.

Вплив регуляторів росту рослин на пряму регенерацію рослин *in vitro* або на дедиференціювання та формування калусної тканини може змінюватися залежно від виду, генотипу та типу експлантата, що використовується в культурі тканин. Ці регулятори відіграють вирішальну роль у контролі різних етапів регенерації рослин, таких як початок органогенезу (утворення нових органів), проліферацію пагонів і коренів та подальший розвиток у повні рослини або дедиференціювання. Цитокініни відомі своєю роллю у формуванні та проліферації пагонів. Їх часто використовують у поєднанні з ауксинами для індукції регенерації пагонів з експлантів. Комбінації регуляторів росту рослин та їх концентрації, що використовуються в протоколах культури тканин, можуть суттєво впливати на ефективність та успіх прямої регенерації рослин. Оптимізація концентрацій регуляторів росту рослин, а також інших факторів, таких як склад

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

культурального середовища, світловий режим та умови культивування, часто є необхідною для встановлення ефективних протоколів регенерації для різних видів і генотипів рослин.

У роботі проведено дослідження впливу комбінації регуляторів росту рослин на формування пагонів та калюсу рослин трьох видів роду *Sedum*, а саме: *S. aizoon* L., *S. kamtschaticum* Fisch. та *S. cераеа* L. Як експланти використовували листки вирощуваних *in vitro* рослин з колекції Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, що має статус Національного наукового надбання України. Експланти культивували на агаризованому середовищі Мурасіге та Скуга (МС) з додаванням регуляторів росту у різних комбінаціях: № 1 – 1.0 мг/л бензиламінопурина (БАП), 0.5 мг/л α -нафтилоцтової кислоти (НОК); № 2 – 1.0 мг/л БАП, 2.5 мг/л 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти (2,4Д); № 3 – без регуляторів; № 4 – 2.5 мг/л БАП, 1.0 мг/л 2,4Д; № 5 – 1.0 мг/л кінетину (Кін), 2.5 мг/л 2,4Д; № 6 – 2.5 мг/л Кін, 1.0 мг/л 2,4Д; № 5 – 1.0 мг/л Кін, 0.5 мг/л НОК.

При вирощуванні експлантів листків рослин *S. aizoon*, *S. kamtschaticum* та *S. cераеа* на безгормональному середовищі формування пагонів, коренів та калюсу не спостерігали. Разом з тим, рослини трьох видів, що вивчалися, відрізнялись за здатністю до регенерації на живильних середовищах з рослинними регуляторами росту. Так, максимальна частота формування пагонів *S. Aizoon* та *S. kamtschaticum* становила 100%, а *S. cераеа* – 87.5%. На середовищах із кінетином не спостерігалася регенерація пагонів у жодного з видів рослин. На цей результат не впливала наявність ауксинів (2,4Д або НОК) у різних концентраціях (1 або 2.5 мг/л). Разом з тим, додавання до середовища БАП приводило до ініціювання пагонів.

За наявності у середовищі комбінації регуляторів росту 1 мг/л БАП + 0.5 НОК спостерігали формування пагонів рослин *S. aizoon*, *S. kamtschaticum* та *S. cераеа*, хоча частота регенерації була різною (50-100 %). Найменшою за таких умов вирощування була частота формування пагонів у *S. cераеа*. Збільшення

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

концентрації БАП з 1 мг/л до 2.5 мг/л за умови зміни ауксину не приводило до формування пагонів *S. aizoon*, *S. kamtschaticum*, однак позитивно впливало на морфогенез рослин *S. sepaea*, оскільки частота регенерації пагонів збільшувалась до 87.5%. Експланти рослин цього виду на відміну від інших утворювали пагони на трьох різних середовищах (№№ 1, 2, 4), хоча і з невисокою частотою.

Формування коренів на експлантах спостерігали при культивуванні експлантів рослин досліджених видів на усіх середовищах за виключенням № 3 та 5, причому за наявності кінетину збільшення концентрації 2,4-Д не приводило до коренеутворення. Калюсоутворення відбувалось при вирощуванні листків *S. aizoon*, *S. kamtschaticum* та *S. sepaea* на усіх середовищах, що містили регулятори росту, хоча сформовані калюсні тканини відрізнялись як за забарвленням (жовте або зеленувате), так і за структурою (щільний або рихлий).

Отже, встановлена видоспецифічність дії регуляторів росту на морфогенез у рослинах трьох видів роду *Sedum* – *S. aizoon* L., *S. kamtschaticum* Fisch. та *S. sepaea* L. Рослини *S. aizoon*, *S. kamtschaticum* були подібні за своєю реакцією на регулятори росту, наявні у середовищі. Регенерація пагонів та формування коренів або калюсної тканини не відбувалися на безгормональному середовищі МС. Для регенерації пагонів обов'язковою умовою є наявність цитокініну БАП. Кінетин для цих видів рослин виявився неефективним, а його наявність у середовища не стимулювала формування пагонів.

Дослідження виконані частково за підтримки гранту № 0123U101081 «Синтез рекомбінантних фармацевтичних білків та підвищення вмісту біологічно активних природних сполук в рослинах» та в рамках робіт із збереження об'єкту національного надбання «Колекція зародкової плазми рослин флори України та світової флори».

УДК 615.322 (075.8)

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН РОДУ
VIBURNUM ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ
КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ**

Михайленко М.М., Нестерова Н.Г.

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mail: masha.mikhaylenko.2002@gmail.com

В умовах сьогодення існуючі проблеми здорового харчування свідчать про необхідність пошуку нових та вдосконалення існуючих циклів виробництва біологічно-цінних функціональних харчових продуктів. Для покращення харчової цінності та функціональних властивостей йогуртів до їх складу додають різноманітні рослинні наповнювачі, у першу чергу ті, що володіють лікувально-профілактичною дією та є джерелом цінних вітамінів і амінокислот.

Широкого спектру видів, смаків та ароматів кисломолочних напоїв, а унікальності зовнішнього вигляду досягають додаванням плодово-ягідних наповнювачів у формі сиропів, концентратів або сухих сумішей. Таким перспективним наповнювачем є плоди калини. У кожної нації є «люблене та шановане» дерево, що символізує державу: наприклад, у Японії це сакура, у Канади – клен, а України – калина [1].

Ягоди калини проявляють виявляють оздоровчо-профілактичний ефект для організму людини, оскільки в плодах цієї рослини містяться вітаміни (А, С, Е, Р, К), органічні кислоти, дубильні і мінеральні речовини тощо. Саме завдяки такому унікальному складу та яскравому смаку дослідження впливу рослин роду *Viburnum* на якість кисломолочних продуктів стають надзвичайно актуальним інноваційним напрямком, внаслідок фрагментованості результатів щодо можливості використання цих представників у харчовому виробництві України та світу [2].

Отже, метою роботи було вивчення перспектив використання рослин роду *Viburnum* для покращення якості

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

кисломолочних продуктів. Проведено оцінку якості існуючого на ринку йогурту з наповнювачем «калина», порівняно з аналогічним йогуртом без наповнювачів. На різних етапах експериментального дослідження у якості об'єктів було обрано зразки йогуртів ТМ «Активія»: Біфідойогурт Активія питний «Червона калина-злаки» та Біфідойогурт Активія без цукру, жирністю 1,5 %. Реалізацію поставлених завдань здійснювали за допомогою стандартних хімічних, фізичних та фізико-хімічних методів контролю якості харчової продукції [3]: органолептичний аналіз проводили відповідно до ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови; визначення вмісту жиру у харчових продуктах здійснювали за методом Сокслета на аналізаторі Soxtec 800; білок визначали за кількістю азоту по ДСТУ ISO 8968-1:2005 (IDF 20-1:2001). Аналіз санітарно-показових мікроорганізмів – виявлення стафілокока проводили згідно з ГОСТ 30347-97 Молоко і молочні продукти. Методи визначення *Staphylococcus aureus*; сальмонел – згідно з ГОСТ 31659-2012; бактерій групи кишкової палички – згідно з ДСТУ 7140:2009; дріжджів і пліснявих грибів – згідно з ДСТУ 8447:2015.

Так, у результаті проведених досліджень було отримано фактичні показники, які порівнювали із заявленими виробником безпосередньо на етикетці товару, а під час аналізу смакових якостей ідентифікували типовість смаку для даного типу продукту, з'ясовували присутність нехарактерних смакових властивостей та специфічних сторонніх присмаків. Отже, отримані результати свідчать, що існуючий на ринку України йогурт з калиновим наповнювачем повністю відповідає вимогами та критеріям щодо якості кисломолочної продукції, а порівняння з йогуртом відповідної марки без наповнювача за результатами дає підстави стверджувати придатність отриманих показників висунутим вимогам до харчової продукції. Достовірно показано, що наповнювач калина не виявляє негативного впливу на фізико-хімічні та мікробіологічні показники біфідойогурта і може використовуватися у якості смакового компоненту на рівні із загальноприйнятими в Україні ароматизаторами. Водночас,

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

органолептична оцінка виявила, що смаку ягід калини в питному йогурті виробник віддав перевагу ароматизаторам, що імітують смаки «Гранат» та «Журавлина, що вірогідно можна пояснити відсутністю відповідного харчового наповнювача «Калина» у промисловому харчовому виробництві нашої держави, хоча в реєстрі ДСТУ такий ароматизатор зареєстрований. Тому, плоди калини є досить перспективним наповнювачем, володіють лікувально-профілактичною дією на організм і є відносно дешевою сировиною для вирощування в Україні. Незважаючи на наявність на українському ринку продукції високої якості, доцільно було б розширити спектр кисломолочної продукції з даним смаковим ароматизатором (кефір, сиркова маса та сирки) та впроваджувати використання наповнювача «Калина» в інші види продукції – вівсяні каші швидкого приготування, батончики, шоколадні вироби та хлібобулочні вироби тощо.

Список літератури

1. Касіянчук В.Д. Особливості використання плодів калини як сировини для виготовлення лікувально-профілактичних засобів / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу / Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.18/ Доступ до ресурсу: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_18/32_Kas.pdf
2. Горошко О.М. Цілюща сила калини / Горошко О.М., Матушак М.Р. / Буковинський державний медичний університет – 2021. Доступ до ресурсу: <https://www.bsmu.edu.ua/blog/czilyushha-syla-kalyny/>
3. Паска М.З., Галуб Б.І., Мартинюк І.О., Басараб І.М. Навчальний посібник з дисципліни «Методи контролю харчових виробництв». Львів 2012. – С. 59-65.

УДК 615.322:615.27

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ *RHODIOLA ROSEA* L. ТА *RHODIOLA SEMENOVII* BORISS *IN VITRO*

**Мищук О.О., Підгірна Х.А., Колісник Х.М., Прокоп'як М.З.,
Грицак Л.Р., Дробик Н.М.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

[E-mail: kolisnyk@chem-bio.com.ua](mailto:kolisnyk@chem-bio.com.ua)

На сьогоднішній день медицина та фармація активно використовує асортимент лікарських засобів на основі препаратів рослинного походження, які складають конкуренцію синтетичним препаратам. Проте антропогенний вплив, нераціональне використання багатьох лікарських рослин, а також знищення їх природних місць росту зумовлює зменшення їхніх ареалів, що може призвести до повного зникнення цих рослин. Введення в культуру *in vitro* дозволить забезпечити збереження й відтворення видів родіола рожева (*Rhodiola rosea* L.) та родіола Семенова (*Rhodiola semenovii* Boriss). Завдяки використанню такого підходу є можливість проводити розмноження рослин упродовж року, а також отримувати велику кількість ідентичних копій рослин з мінімальної кількості вихідного матеріалу.

Rh. rosea занесена до Червоної книги України (2009), природоохоронний статус – вразливий. Цей вид є цінною лікарською сировиною [3]. *Rh. semenovii* є також важливою лікарською рослиною, оскільки в її коренях виявлено глікокоразмулін, який володіє гіпоглікемічною дією. Препарати на основі цих видів використовують для покращення фізичного стану, лікування анемії, депресії, астенії, імпотенції, цинги, розладів травної та нервової систем, покращують функціональний стан печінки, а результати досліджень останніх років свідчать про протитуберкульозну, протипухлинну, антиоксидантну, антигіпоксичну дію препаратів [2]. Морфологічно насіння *Rh. rosea* від насіння *Rh. semenovii* відрізняється лише за розміром і частково за забарвленням. Для

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

Rh. rosea характерне дрібне насіння, звужене на верхівці, видовжено-яйцевидної форми. Розміри насіння *Rh. rosea* становлять 1,8–2,2 мм завдовжки та 0,8–1,0 мм завширшки; його забарвлення від темно- до світло-коричневого; насіннєва оболонка має чітко виражену поздовжню ребристість. Насіння *Rh. semenovii* також дрібне, довгастої або яйцевидної форми, забарвлення – червонувато-коричнєве, довжиною близько 1 мм [1].

Метою дослідження було підібрати умови для одержання життєздатних асептичних проростків *Rh. rosea* і *Rh. semenovii* *in vitro*.

Для дослідження використовували насіння *Rh. rosea*, зібране на горі Ворожеска (Свидівецький хребет, Українські Карпати, 1735 м н.р.м.) та *Rh. semenovii*, зібране у Ботанічному саду імені акад. О. В. Фоміна, Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. За літературними даними насіння родіоли рожевої та родіоли Семенова знаходиться в стані глибокого спокою. Щоб вивести насіння із цього стану, його необхідно піддати холодовій стратифікації (+3 – +4°C), оскільки нестратифіковане насіння має дуже низьку схожість або не сходить зовсім [1]. Для підвищення показників схожості частину насіння *Rh. rosea* та *Rh. semenovii* піддавали дії гіберелової кислоти (ГК₃) у концентрації 1000 мг/л протягом 14 годин, іншу частину насіння стільки ж часу витримували у дистильованій воді (контроль).

Перші сходи насіння *Rh. rosea*, обробленого ГК₃, з'явилися на 3 добу, а у контрольному варіанті – на 8 добу. Насіння *Rh. semenovii* проростає повільніше: перші сходи обробленого ГК₃ насіння з'явилися на 5 добу, а без оброблення ГК₃ – на 8–9 добу.

Нами встановлено, що при обробці насіння ГК₃ проростки з'явилися швидше, ніж за її відсутності. Попри це, відсоток схожості насіння, яке піддавали впливу ГК₃, і контрольного насіння був практично однаковим станом на 120 добу від початку досліду. Цей показник становив 60% для обробленого насіння та 65 % – для необробленого для *Rh. rosea*, а у випадку *Rh. semenovii* – 30,8% та 14,5% відповідно. Отже, можна зробити висновок, що

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

насіння досліджуваних видів, яке висаджують у весняно-літній період, можна не піддавати дії ГК₃. Найбільший сприятливим для проростання насіння виявився осінньо-зимовий період. При дослідженні схожості насіння за термінами його зберігання встановлено обернено-пропорційну залежність: із збільшенням терміну зберігання схожість насіння виду *Rh. rosea* в лабораторних умовах знижується. Так, у період грудень 2021 року – січень 2022 року показник схожості досягав 87–91 %, а у період листопад 2022 року – лютий 2023 року – 74 %. Відсоток схожості насіння *Rh. semenovii* у період листопад 2023 року – лютий 2024 року становив 65%. При цьому найбільш сприятливими для проростання насіння цього виду виявились січень та лютий; схожість насіння у цей час складала 63 і 65 % відповідно.

Слід зазначити, що для більшості видів рослин виявлено 2 основних типи проростання насіння: хвильовий і криволінійний. Перший тип може бути описаний у вигляді одно-, дво- і багатовершинної згасаючої кривої. Вченими було доведено, що для *Rh. rosea* характерною є багатовершинна згасаюча крива схожості. Насіння цього виду зберігає цю властивість упродовж багатьох років, при цьому зниження схожості є ступінчастим, тобто у виду відмічено деяке її підвищення в осінньо-зимовий період [5].

Нами доведено, що у осінньо-зимовий період насіння родіоли рожевої та родіоли Семенова слід обробляти гібереловою кислотою, оскільки за таких умов значно зростає відсоток схожості. ГК₃ проявляє стимулюючий ефект навіть на насіння, що тривалий час зберігається. Проведений дослід з п'ятирічним насінням *Rh. rosea* та дворічним *Rh. semenovii* у листопаді 2022 року показав, що під впливом ГК₃ воно швидше починає проростати і отримані з цього насіння асептичні 3-х місячні рослини були життєздатними, мали добре розвинену кореневу систему і надземний розгалужений пагін із численними дрібними листками.

Через 3 місяці з часу проростання насіння родіоли рожевої, обробленого ГК₃, на середовищі МС/2 [4] з половинним вмістом макро- та мікросолей без додавання регуляторів росту спостерігали такі зміни кількісних та морфометричних

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

показників рослин: 1) зміна кількості листків – $24,3 \pm 3,41$; 2) зміна кількості коренів – $17,1 \pm 2,5$; 3) приріст довжини коренів, мм – $35 \pm 3,46$. Отримані рослини використовували у подальших дослідженнях.

Отже, нами підібрано умови для проростання насіння *Rh. rosea* та *Rh. semenovii*. Встановлено, що обробка насіння гібереловою кислотою у весняно-літній період не підвищує схожість насіння цих видів, а отже є недоцільною. Завдяки поєднанню двох факторів, що порушують спокій насіння – холодової стратифікації при температурі $+3 - +4^{\circ}\text{C}$ та обробки ГК₃ концентрацією 1000 мг/л протягом 14 год. в осінньо-зимовий період, нам вдалося підвищити схожість насіння і отримати життєздатні проростки *Rh. rosea* та *Rh. semenovii* на живильному середовищі МС без додавання регуляторів росту.

Список літератури

1. Романюк В. В. Кількісна та якісна характеристика насіння *Rhodiola rosea* L. Карпатського регіону / В. В. Романюк, О. М. Ванзар; НАН України. Націон. ботан. сад ім. М. М. Гришка. К., 2005. С. 170–172.
2. Саратіков А. С. Родіола рожева – цінна лікарська рослина (золотий корінь) / А. С. Саратіков, Е. А. Краснов. Томськ: ТГУ, 1987. 251 с.
3. Червона книга України. Рослинний світ / [за ред. Я. П. Дідуха]. К.: Глобалконсалтинг, 2009. С. 415.
4. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plant.* 1962. Vol.15, №13. P. 473–497.
5. Thu O.K., Spigset O, Nilsen O.G., et al. 2016. Effect of commercial *Rhodiola rosea* on CYP enzyme activity in humans. *Eur J Clin Pharm.* 72(3)295-300. doi: 10.1007/s00228-015-1988-7.

ІННОВАЦІЙНІ ЕКОБІОТЕХНОЛОГІЇ

Любинський О.І.

Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка

E-mail: lubin.alex@gmail.com

Проблема чистого довкілля, зокрема збереження різноманітного тваринного та рослинного світу, стояла завжди, як і проблема збереження здоров'я людини, народження здорових повноцінних дітей. Забруднення навколишнього середовища в багатьох регіонах досягло критичної межі внаслідок впливу природних стихій та недосконалості науково-технічного прогресу суспільства. Спостереження за чистотою довкілля, контроль показників чистоти повітря, води, ґрунту, промислових та побутових приміщень, харчових продуктів, виробничих технологій та викидів, а також рекомендації щодо відновлення безпечного середовища повинні нагально вирішувати державні служби екомоніторингу з використанням новітніх досягнень науки та техніки [3, 10, 11].

Найбільш пріоритетними в короткостроковій та довгостроковій перспективі визначені напрями біотехнології, які пов'язані з охороною довкілля, біодеструкцією та утилізацією відходів, а також отриманням біопалива – тобто саме екобіотехнологію, яку на благо всієї нашої спільноти необхідно визнати в усіх її аспектах як окремий і найперспективніший напрям сучасної високої технології [1, 2].

Сьогодні вирішення екологічних проблем неможливе без застосування новітніх екобіотехнологій для діагностики забруднень довкілля, очищення стічних вод, знешкодження небезпечних газових викидів, використання перспективних засобів утилізації твердих і рідких промислових відходів, підвищення ефективності методів біологічного відновлення забруднених ґрунтів, заміни низки агрохімікатів на біотехнологічні препарати тощо. Актуальною має стати розробка екобіотехнологій, спрямованих на виробництво біогазу та водню з органічних відходів, мікробіологічна деструкція ксенобіотиків,

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

застосування біоіндикації та біотестування в системі екологічного моніторингу [1].

Активно впроваджується тотальна біологізація майже всіх галузей господарства. У медицині на зміну хіміко-фармакологічним препаратам приходять “ліки біологічної природи”, виготовлені за використання біологічно активних компонентів живих організмів. У сільському господарстві успішно опановуються нові біологічні засоби захисту рослин, в промисловості, взагалі, та в енергетиці, зокрема, надалі все більша увага приділяється широкому застосуванню мікроорганізмів, які здатні не лише вибірково концентрувати певні метали або інші хімічні сполуки, а й переробляти так звані “відходи цивілізації” на корисний продукт – метан або водень [3].

Екологобіотехнологічні наукові дослідження сформувався як результат перетину інтересів, підходів, принципів та методів прикладних напрямів екологічної науки і класичних та сучасних біотехнологій. Інакше кажучи, це технологічні процеси, що здійснюються завдяки використанню живих організмів та інших біологічних агентів і спрямовані на покращення, захист і відновлення порушеного людиною довкілля, збереження функціональної стійкості біосфери в цілому або її певних компонентів (природних екосистем) і зрештою — забезпечення сталого і гармонійного розвитку ноосфери [4, 5].

Сучасна екологічна ситуація, яка пов’язана насамперед із посиленням антропогенного пресу на біосферу, потребує розробки чіткої, об’єктивної та науково обґрунтованої системи екологічного моніторингу [5]. Однією з її складових є пошук, розробка та застосування адекватних методів оцінки якості навколишнього середовища взагалі та рівня певних забруднень зокрема. Найбільш поширеними на сьогодні методами контролю якості довкілля є фізико-хімічні технології [6].

Дослідження і розробка нетрадиційних технологічних рішень конверсії відновлюваної сировини різного походження у біогаз, що містить водень або метан, і біодизель, який одержують із ліпідів мікроводоростей, є актуальними, екологічно доцільними і економічно вигідними [7].

Нагальною є розробка і впровадження комплексних

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

технологій фізико-хімічного та біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод, які забезпечували б попереднє очищення промислових стічних вод від забруднень, що перешкоджають біологічному очищенню, сумісне біологічне очищення побутових і промислових стічних вод із використанням сучасних рішень: анаеробно-аеробних процесів, нітриденітрифікації, анамокс-процесу, іммобілізованих мікроорганізмів, біоконверсних технологій, і гарантували б якість очищеної води на рівні вимог скиду у водойми, були б високоєфективними, маловідходними та економічно вигідними [8, 9].

Отже, нині у світі відбуваються процеси, що порушують цивілізований плін життя: інтенсивно забруднюється навколишнє природне середовище, руйнується біосфера, утворюється велика кількість відходів. Вирішення перелічених проблем можливе при застосуванні природоохоронних біотехнологій. Екобіотехнології хоч і є частиною біотехнології, але принципово відрізняються від традиційних біотехнологій тим, що мають за мету підвищення якості та безпеки життя суспільства. Природоохоронні біотехнології є невід'ємною складовою суспільства майбутнього. Пріоритетними напрямками розвитку природоохоронних біотехнологій визначено такі традиційні проблеми прикладної екології, як біотестування та біосенсорика, технології оптимізації екосистемних процесів, переробка й утилізація відходів, біотехнології очищення води, повітря і ґрунтів, а також біоенергетика [1].

Список літератури

1. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Пріоритетні напрями розвитку екобіотехнології. 1. Природоохоронні біотехнології. Innov Biosyst Bioeng, 2018, vol. 2, no. 1, 22-32. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ibb_2018_2_1_5.
2. Климчик О.М., Багмет А.П. Біотехнології: екологічні аспекти. Матеріали І-го Міжнар. наук.-практ. інтернет-семінару «Екологічна освіта і наука для сталого розвитку». К. : МЦАС, 2015. С. 59-61.
3. Кузьмінський Є.В. Актуальність екобіотехнології. URL: <https://kpi.ua/722-5>.

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

4. Кузьмінський Ю.В., Голуб Н.Б., Кухар В.П. Предметні та освітні аспекти екобіотехнології. Вища освіта України. 2007. 2, С.55-62.
5. Кухар В.П., Кузьмінський Ю.В., Ігнатюк О.А., Голуб Н.Б. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення та розвитку. Вісник НАН України. 2005.9,С.3-18.
6. Кузьмінський Ю.В., Голуб Н.Б., Щурська К.О. Фізичні та фізико-хімічні методи в біотехнології. Науковий вісник ЧНУ. 2009.453(20), С.19-34.
7. Голуб Н. Б. Науково-технологічні основи конверсії відновлюваної сировини в біоводень, біометан та біодизель: дис. ... д-ра техн. наук. : 03.00.20 – біотехнологія. К., 2014. 425 с.
8. Саблій Л.А., Кузьмінський Ю.В., Жукова В.С., Козар М.Ю. Нові технології біологічного очищення побутових і промислових стічних вод. Водопостачання та водовідведення. 2014.3, С. 24-33.
9. Гвоздяк П.І. За принципом біоконвеєра. Біотехнологія екологічної безпеки. Вісник НАН України. 2003.3,С.29-36.
10. Становлення та розвиток екологічної біотехнології. URL: http://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/pl_3_1.pdf.
11. Стратегія розвитку біоенергетики в Україні. URL: <https://uabio.org/bioenergy-transition-in-ukraine/>.

УДК 579.26:63;581.9

РОЗРОБКА ПІДХОДІВ КУЛЬТИВУВАННЯ *IN VITRO* ВИДІВ РОДУ *ARNICA L.*

**Тарас Ю.М., Кравченко Є.Я., Колісник Х.М., Грицак Л.Р.,
Дробик Н.М.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

Охорона фіторізноманіття має загальнобіологічне значення, оскільки інтенсивне знищення цінних видів рослин, які мають зв'язки з іншими компонентами екосистем, призводить до

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

негативних змін у біосфері. У зв'язку з цим, виникає потреба у пошуку способів виявлення та збереження зникаючих видів [1]. Актуальною є проблема збереження генофонду цінних лікарських і декоративних рослин, ареали яких скорочуються внаслідок інтенсивної їх заготівлі. До таких рослин, безперечно, відноситься і арніка гірська (*Arnica montana* L.). Останнім часом у країнах Північної, Західної та Центральної Європи спостерігається різке зменшення площ з арнікою у зв'язку із порушенням екологічного балансу її оселищ та надмірної експлуатації ресурсів [1].

В Україні поширені 2 види роду *Arnica*: *A. montana* та арніка листяна (*Arnica foliosa* Nutt.), які представляють значний інтерес для фармацевтичної промисловості, оскільки в рослинах цих видів ідентифіковано широкий спектр біологічно активних сполук (БАР) [2]. Цей вид було занесено до Червоної книги України (1996 р.) [5], оскільки чисельність особин у його популяціях різко скоротилася через надмірну експлуатацію суцвіть арніки для промислових цілей. Надання виду природоохоронного статусу сприяло частковій стабілізації популяцій, і у наступне видання Червоної книги України (2009 р.) [4] він не включений. Однак, вид і надалі вимагає посиленої охорони.

Через негативний вплив антропогенних факторів на популяційну структуру та чисельність виду *A. montana*, актуальним на сьогодні є використання сучасних біотехнологічних методів і підходів як для збереження цього цінного виду, так і для отримання альтернативного джерела лікарської рослинної сировини як *A. montana*, так і близького за хімічним складом виду – *A. foliosa*.

Враховуючи цінні фармакологічні властивості та потребу в екологічно чистій сировині, метою роботи було оптимізувати біотехнологічні прийоми культивування *in vitro* цінних лікарських видів *A. montana* та *A. foliosa*.

Для дослідження було використане насіння *A. montana*. Для отримання асептичних проростків насіння *A. montana* стерилізували 15%-им розчином пероксиду водню упродовж 20 хв. Простерилізоване насіння висаджували у стерильні чашки

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

Петрі на агаризоване живильне середовище Мурасіге і Скуга (МС) [7] з половинним вмістом макро- та мікросолей (МС/2). Насіння пророщували на світлі (3000 лк) за температури +20–+22°С, вологості 80%. При підборі умов для вегетативного розмноження використовували отримані з насіння асептичні 1,5–2 місячні рослини досліджуваних видів. Рослини живцювали (середня довжина живців 15–20 мм) і висаджували у рідкі живильні середовища. Для культивування використовували рідке живильне середовище МС/2, доповнене регуляторами росту: індолілоцтовою кислотою (ІОК), 1-нафтилоцтовою кислотою (НОК), кінетином (Кін), гібереловою кислотою (ГК₃). Для того, щоб підібрати оптимальні умови для мікроклонального розмноження, тестували агаризовані та рідкі середовища МС/2 з різними комбінаціями регуляторів росту. У кожному варіанті досліду висаджували 9 живців. Для визначення ефективності мікроклонального розмноження через 1–2 місяці визначали кількість живців з мікроклонами та середню кількість мікроклонів на живцях. Для індукції калусогенезу з листових, черешкових та корневих експлантів видів роду *Arnica* та проліферації отриманого калусу як базові використовували середовища Гамборга, Евелейг (В₅) [6], МС, МС/2, доповнені різними комбінаціями регуляторів росту: Кін, 6-бензиламінопурином (БАП), 2,4-дихлорфеноксиоцтовою кислотою (2,4-Д), НОК, ІОК. Культури інкубували в темряві при +25°С–+26,5°С. Їх субкультивування проводили через кожні 4 тижні. Частоту калусогенезу визначали через 4 тижні культивування як співвідношення кількості експлантів з калусом до загальної кількості експлантів у відсотках.

У ході наших досліджень було визначено, що передпосівна обробка насіння *A. montana* та *A. foliosa* розчином ГК₃ концентрацією 1000 мг/л протягом однієї доби підвищує його схожість. З'ясовано, що здатність до проростання насіння цього виду зберігається до 3 років. Аналіз сезонної динаміки схожості насіння показав, що найвищі показники проростання насіння були на живильному середовищі МС/2 без регуляторів росту у серпні (45%), у вересні схожість насіння була 22%, а у жовтні – 12%. Перші два зимові місяці є несприятливі для проростання

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

насіння і тільки в лютому цей показник досягає 15%. Перші сходи насіння було виявлено на 8–14 добу.

Оскільки *A. montana* належить до рослин із прикореневою розеткою листків, ми додавали у середовище гіберелову кислоту, яка сприяла видовженню міжвузлів. У процесі досліджень було виявлено, що використання ГК₃ (0,5 мг/л) сприяє підвищенню інтенсивності інтеркалярного росту *A. montana*. Через 30 дів культивування довжина надземної частини збільшувалася в 2,9 рази, коренів – в 2,3 рази. З'ясовано, що найкраще ріст рослин відбувається на середовищі МС/2, доповненому 0,2 мг/л ІОК, 0,5 мг/л ГК₃, 0,1 мг/л НОК.

Аналіз результатів досліджень показав, що поєднання концентрацій регуляторів росту (Кін, БАП, 2,4-Д, НОК, ІОК) стимулювало утворення калюсу на усіх типах експлантів. Єдиною відмінністю була швидкість протікання процесу калюсогенезу. Так, при висаджуванні експлантів на середовища В₅/2 з нижчими концентраціями регуляторів росту (2–3 мг/л НОК та 0,2–0,4 мг/л Кін) утворення калюсної тканини було пролонгованішим у часі та тривало 12–16 дів. Значно швидше індукція калюсу відбувалася за використання середовища В₅/2, доповненого 4 мг/л НОК і 1 мг/л Кін. Так, на корневих експлантах калюсогенез відбувався на 9–11 добу після висаджування, на черешкових експлантах – на 6–7 добу, а на листових експлантах – на 3–7 добу.

Отже встановлено, що передпосівна обробка насіння *A. montana* розчином ГК₃ концентрацією 1000 мг/л підвищує його схожість в умовах *in vitro* до 20 %. З'ясовано, що найвищі показники проростання насіння видів роду *Arnica* були на живильному середовищі МС/2 без регуляторів росту у серпні (45%). Оптимальним для вегетативного розмноження *in vitro* рослин *A. montana* є середовище МС/2, доповнене 0,2 мг/л ІОК, 0,5 мг/л ГК₃, 0,1 мг/л НОК, а найвищі показники калюсоутворення з листових, черешкових і корневих експлантів рослин *A. montana* та для проліферації отриманого калюсу мало середовище В₅/2, доповнене 4 мг/л НОК і 1 мг/л Кін.

Список літератури

1. Беленічев І. Ф. Антиоксиданти: сучасні уявлення,

- перспективи створення. Ліки. 2002. № 1–2. С. 43–45.
2. Петріна Р.О., Маснюк Я.Т. Калусогенез у культурі *in vitro* арніки гірської. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2008. № 608. С. 151–155.
 3. Попович С. Ю. Раритетне дендрорізноманіття: проблематика та охорона. Рослинний світ у Червоній книзі України: реалізація Глобальної стратегії збереження рослин : матеріали Міжнар. наук. конф. К. : Альтерпрес, 2010. С. 41–46.
 4. Червона книга України. Рослинний світ / [відп. за ред. Я.П. Дідух] К.: Глобалконсалтинг, 2009. С. 489.
 5. Червона книга України. Рослинний світ / Ю.Р. Шеляг-Сосонко та ін. (ред.) К.: Вид-во “Укр. енциклопедія” ім. М.П. Бажана, 1996. 608 с.
 6. Gamburg O.L., Eveleigh D.E. Culture methods and detection of glucanases in cultures of wheat and barley Can. J. Biochem. 1968. Vol.46, 5. P. 417–421.
 7. Murashige T., F. Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 1962. Vol. 15, №13. P. 473–497.

УДК 633.34:631.529(477.7)

**ЗАСТОСУВАННЯ ЕНДОФІТНИХ БАКТЕРІЙ У
СУЧАСНИХ АГРОБІОТЕХНОЛОГІЯХ**

Титова Л.В.¹, Шевчук Н.В.¹, Дубинська О.Д.², Голобородько С.П.², Іутинська Г.О.¹, Павліченко Ю.М.³, Білявська Л.О.¹

¹Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного
НАН України

²Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
НААН

³Київський національний університет імені Тараса Шевченка
E-mail: ltytova.07@gmail.com

Впровадження екологічно безпечних агробіотехнологій дозволяє мінімізувати або виключити використання хімічних препаратів у вирощуванні сільськогосподарських культур,

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

зменшити негативний вплив пестицидів на навколишнє середовище та підвищити якість і безпеку продукції рослинництва.

Біологічні препарати на основі асоціацій ґрунтових мікроорганізмів стабільно покращують живлення, стимулюють ріст рослин, підвищують їх імунітет і, порівняно з хімікатами, не проявляють фітотоксичності та ефекту звикання. Це пояснюється тим, що біоагенти таких препаратів є складовою природньої мікробіоти ґрунту і рослин. Вони сприяють зниженню інфекційного фону за рахунок збільшення у складі ризосферного мікробіому агрономічно корисних мікроорганізмів. Позитивний вплив мікробних препаратів дозволяє зменшити кількість обробок хімікатами для захисту рослин. Показано, що ступінь пригнічення хвороби, досягнутий за допомогою біологічних агентів, може бути порівняний з дією хімічних речовин [2; 5].

Найбільш ефективним є використання в сільськогосподарській практиці поліфункціональних комплексних біопрепаратів розширеного спектру дії на основі мікроорганізмів різних екологічних стратегій, зокрема, на основі ендофітних мікроорганізмів [3; 4].

До ендофітів належать бактерії і гриби, які можуть безсимптомно існувати у тканинах рослини-господаря. Ці мікроорганізми мають ряд властивостей, необхідних для проникнення у внутрішньотканинні компартменти; вони безпосередньо чи опосередковано впливають на онтогенез фітопартнера. Завдяки здатності стимулювати ріст, покращувати живлення, підвищувати стресостійкість і продуктивність рослин, ендофітні штами є перспективним ресурсом для застосування у нових агробіотехнологіях. Відомо, що ендофітні мікроорганізми можуть сприяти росту рослин, наприклад, шляхом постачання поживних речовин, синтезу біологічно активних сполук, тощо. Ендофіти можуть сприяти розвитку рослин опосередковано, наприклад, шляхом пригнічення патогенів та шкідників або інактивації забруднювачів навколишнього середовища та послаблення стресу, спричиненого агрохімікатами, важкими металами, засоленням ґрунту, посухою та ін. [1].

Дослідження, проведені в лабораторних експериментах,

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

показали, що селекціоновані нами штами ендofітних бактерій, що належать до родів *Bacillus*, *Brevibacillus*, *Pseudomonas*, мають здатність до мобілізації нерозчинних фосфатів, біологічної азотфіксації, синтезу фітогормональних сполук і широкого спектру жирних кислот, активної колонізації тканин коренів та бульбочок.

Показано, що рекомендовані виробниками фунгіцидні та інсектицидні хімічні препарати Стандак Топ, Командор Екстра, Командор гранд та Тіатрин не пригнічували ріст досліджуваних штамів ендofітних та бульбочкових бактерій роду *Bradyrhizobium*. Це дозволяє застосовувати інокулянти на їх основі в інтегрованих схемах захисту рослин від патогенів і шкідників за умов несприятливого фітосанітарного стану агроecosистем.

Випробування бактеріальних препаратів на основі асоціації симбіотичних азотфіксувальних ризобій сої і ендofітних бактерій неризобіальної природи дозволили підтвердити їх ефективність у збільшенні чисельності корисних мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у ризосфері сої, підвищенні продуктивності різних за скоростиглістю сортів у різних агрокліматичних зонах України.

За нашими даними, використання розроблених комплексних біопрепаратів на основі ендofітних штамів *Bacillus* sp. 4, *Brevibacillus* sp. 5, *Pseudomonas* sp. 6 сприяло підвищенню урожайності сої ультраскоростиглого сорту Діона майже на 35% за культивування в умовах зрошення Південного Степу України (Херсонська обл., темно-каштанові середньосуглинкові ґрунти) і в 1,5-2,0 рази за умов неполивного землеробства (Одеська обл., чорнозем південний важкосуглинковий), а середньостиглого сорту Святогор – на 21,8% на зрошуваних землях і в 1,8-1,9 рази за посушливих умов неполивного землеробства відповідно. Урожайність середньостиглого сорту Аратта на зрошенні зростала майже на 30% за роки досліджень.

Отримані дані засвідчили, що в зоні помірно континентального клімату Лісостепу України (Київська обл., чорнозем типовий малогумусний крупнопилуватий) за посушливих умов вегетаційного періоду при ендofітно-

Екологічна біотехнологія та біотехнологія в рослинництві і тваринництві

ризобіальній інокуляції урожайність скоростиглих сортів Муза і Танаїс підвищувалась вдвічі і на 17,9% відповідно, середньостиглого сорту Медисон – на 13,6% відносно контролю, а середньораннього сорту Скульптор (грунт темно-сірий опідзолений) – на 27,1% порівняно з варіантом моноінокуляції.

Таким чином, розробка та застосування комплексних поліфункціональних біологічних препаратів з фітостимулювальними та стресопротекторними властивостями на основі симбіотичних неризобіальних та бульбочкових ендоефітних бактерій є перспективним напрямком у агробіотехнології та відкриває можливість ширшого впровадження екологічно безпечних методів у практику вирощування сільськогосподарських культур, істотного поліпшення якості продукції і зниження хімічного навантаження на земельні ресурси.

Список літератури

1. Anand, U., Pal, T., Yadav, N., Singh, V.K., Tripathi, V., Choudhary, K.K., et al. Current scenario and future prospects of endophytic microbes: Promising candidates for abiotic and biotic stress management for agricultural and environmental sustainability. *Microb. Ecol.* 2023, Vol. 86, P. 1455–1486. DOI:10.1007/s00248-023-02190-1
2. Borzykh O.I., Sergiienko V.G., Tytova L.V., Biliavska L.O., Boroday V.V., Tkalenko G.M., Balan G.O. Potential of some bioagents in controlling fungal diseases of tomato and productivity enhancement. *Archives of Phytopathology and Plant Prot.* 2022, Vol. 55, no. 15, P. 1750–1765. DOI:10.1080/03235408.2022.2116685
3. Iutynska, G.O., Goloborodko, S.P., Tytova, L.V., Dubynska, O.D. Effectiveness of endophytic-rhizobial seed inoculation of *Glycine max* (L.) Merr. cultivated in irrigated soil. *Journal of Central European Agriculture.* 2022, Vol. 23, no. 1, P. 40–53. DOI:10.5513/jcea01/23.1.3397
4. [Manasfi, Y.](#), [Cannesan, M.](#), [Riah, W.](#), [Bressan, M.](#) Potential of combined biological control agents to cope with *Phytophthora parasitica*, a major pathogen of *Choisya ternate*. *European Journal of Plant Pathology.* 2018, Vol. 152, P.

1011–1025. DOI:10.1007/s10658-018-1495-7

5. O'Brien Ph. A. Biological control of plant diseases. Austral Plant Pathol. 2017, Vol. 46, no. 4, P. 293–304. DOI:[10.1007/s13313-017-0481-4](https://doi.org/10.1007/s13313-017-0481-4)

UDC 581.138.1

GROWTH-REGULATING PHYTOHORMONES AUXINS AND CYTOKININS OF ENDOPHYTIC SOYBEAN BACTERIA

Leonova Natalia¹, Fomenko Snezhana,¹ Hretskyi Ihor^{1,2}

¹D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, Ukraine

E-mail: natikleo@online.ua

Plant growth-promoting bacteria that are able to penetrate in plant tissues and colonize them without causing visible damage or disease symptoms are called bacterial endophytes. Endophytes are believed to be superior to rhizospheric microorganisms in promoting plant growth because they have the ability to colonize the internal parts of plants, where they can quickly sense any changes in the environment and respond quickly to their own needs and those of the plants [1]. Because endophytes are generally not host-specific, endophytes with a desirable set of plant-promoting properties can be easily introduced into plants that are not their natural hosts. In the light of these considerations, the use of endophytes in agriculture can be an economical means of achieving high crop productivity and therefore sustainable agriculture.

It is known that the bacterial endophytic microbiome contributes to the plants growth and development, and its beneficial effects are in many cases indirect and characterized by various metabolic interactions [2]. Recent advances in the study of metabolite synthesis by plant microsymbionts indicate that they can produce a number of different types of metabolites. These substances play a role in defense and competition, but may also be necessary for specific interaction and communication with the host plant. By directly stimulating plant growth, endophytic bacteria either supply or

modulate the levels of major phytohormones, including auxins, cytokinins, ethylene, and gibberellins, or provide plants with nutrients such as phosphates, nitrogen, and iron, etc. [3].

The aim of this work was to research the synthesis of growth-regulating phytohormones auxins and cytokinins by non-diazotrophic endophytic bacteria isolated from soybean nodules.

Strains of non-diazotrophic endophytic bacteria isolated from soybean nodules in the active phase of nitrogen fixation in the middle of the growing season of soybean plants were studied: *Paenibacillus* sp. 1; *Ochrobactrum* sp. 2; *Paenibacillus* sp. 3; *Bacillus* sp. 4; *Brevibacillus* sp. 5; *Pseudomonas* sp. 6. Cultivation was carried out on 2 nutrient media: a glucose-mineral medium and a modified peptone medium. The qualitative and quantitative composition of auxins and cytokinins was analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC) using an Agilent 1200 liquid chromatograph (Agilent Technologies, USA).

The free trial Statistica 14 (TIBCO Software Inc., 2020) was used for statistical processing of the results. All results are presented as mean \pm standard error of the mean (M \pm SE). Analysis of variance was used to compare several groups. Fisher's F test was used to test statistical hypotheses. Differences were considered reliable at a significance level of $p < 0.05$.

Using the HPLC method, it was established that the largest amount of synthesized auxins was determined in *Brevibacillus* sp. 5 and *Paenibacillus* sp. 1 on modified peptone medium. Thus, 1 g of absolutely dry biomass of these bacteria synthesized 16.5 \pm 2.1 mg and 8.2 \pm 1.6 mg of auxins, respectively. The best results of auxin's production on glucose-mineral medium in *Ochrobactrum* sp. 2 and *Paenibacillus* sp. 3 – 1.25 \pm 0.27 mg and 1.1 \pm 0.2 mg, respectively.

Bacteria that were more productive on glucose-mineral medium than on modified peptone medium include *Ochrobactrum* sp. 2, *Paenibacillus* sp. 3 and *Bacillus* sp. 4. They synthesized, respectively, 1.2 \pm 0.2 and 1.1 \pm 0.3 mg/g of auxins on the glucose-mineral medium and 0.34 \pm 0.1 and 0.85 \pm 0.1 mg/g on the modified peptone medium. *Bacillus* sp. 4 became the least productive strain, and showed results of 0.30 and 0.04 mg/g on the first and second media, respectively.

When comparing the amount of the auxins production of by

different bacteria, it can be seen that for 1-4 strains on glucose-mineral medium and all on modified peptone medium, the production of indole-3-acetic acid hydrazide was most active, which exceeded 90% for each of the specified strains from all products of compounds of this class.

It is shown that non-rhizobial soybean microsymbionts *Paenibacillus* sp. 1, *Ochrobactrum* sp. 2, *Paenibacillus* sp. 3, *Bacillus* sp. 4, *Brevibacillus* sp. 5 and *Pseudomonas* sp. 6 also synthesize extracellular phytohormones-stimulators – cytokinins (zeatin, zeatin-riboside, N6-(2-isopentenyl)adenine and N6-(2-isopentenyl)adenosine).

Among the cytokinin metabolites in the culture medium of *Paenibacillus* sp. 1, *Bacillus* sp. 4, *Brevibacillus* sp. 5 and *Pseudomonas* sp. 6, the largest amount of the transportable physiologically active form of cytokinin – zeatin-riboside (96-105 µg/ml of culture liquid) was identified, which is actively used by plants to regulate their main physiological processes.

The activity of cytokinin production by endophytic bacteria was lower ($p < 0.01$, $F = 11.2$) compared to the auxins values. However, the strain of *Paenibacillus* sp. 3 synthesized an equal number of different cytokinin compounds on both media ($p < 0.1$, $F = 0.66$).

The conclusion made in relation to the auxins production is reliable that the activity of the synthesis of individual cytokinins was higher on the second medium ($p < 0.05$, $F = 8.4$). The most active synthesis of cytokinins occurred on the second medium by the *Pseudomonas* sp. 6, which as a result was able to accumulate almost 4.9 ± 0.6 mg of growth-regulating substances of this type per 1 g of absolutely dry biomass. This result is significantly greater ($p < 0.001$, $F = 24.4$) in comparison with the activity of cytokinin production on the first medium of *Pseudomonas* sp. 6, which was 0.064 ± 0.6 mg/g.

In turn, the different activity of the phytohormones production in different environments conditions confirms the researcher's opinion about the influence of external factors on the secretory activity of endophytes and inside plant tissues [4].

References

1. Brader G. et al. Metabolic potential of endophytic bacteria. *Current Opinion in Biotechnology*. 2014. Vol. 27. P. 30–37.

- <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.09.012>.
2. Sivakumar N. et al. Phyllospheric microbiomes: diversity, ecological significance, and biotechnological applications. *Plant microbiomes for sustainable agriculture*. 2020. P. 113-172.
 3. Glick B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. *Scientifica*. 2012. Vol. 2012. P. 1–15. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>.
 4. Xue X. et al. The regulatory network behind maize seed germination: Effects of temperature, water, phytohormones, and nutrients. *The Crop Journal*. 2021. Vol. 9, no. 4. P. 718–724. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.11.005>.

РОЗДІЛ 8

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЕКОТОКСИКОЛОГІЯ

УДК 502.171(282.247)

**ВЛИВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДНІСТРОВСЬКОЇ ГАЕС НА
УГРУПОВАННЯ ГІДРОБІОНТІВ ТРАНСКОРДОННОЇ
ДІЛЯНКИ ДНІСТРА**

**Афанасьєв С.О., Гулейкова Л.В., Летицька О.М.,
Мантурова О.В., Погорєлова М.С.**

Інститут гідробіології НАН України

E-mail: post_mail@hydrobio.kiev.ua

Як і для більшості існуючих гідроакумуючих станцій, діяльність Дністровської ГАЕС активно впливає на водні екосистеми. Насамперед це стосується водного режиму буферного водосховища, а саме його рівневого режиму, внутрішньої гідродинаміки та трансформації донних відкладів у безпосередній близькості від скиду води з агрегатів. Ці процеси певним чином впливають на різні групи гідробіонтів як безпосередньо, так і через зміну умов їх життєдіяльності. Також це опосередковано впливає на біоту та екологічний стан транскордонної ділянки, що знаходиться нижче греблі Нижньодністровської ГЕС. Водна біота, яка знаходиться у зоні впливу ГАЕС існує під дією специфічного гідрологічного режиму буферного водосховища. Водосховище слугує для згладжування добових коливань рівня та витрат води, що виникають у результаті роботи Дністровського гідровузла, причому з Дністровського водосховища скидається холодна та збагачена мінеральними формами азоту вода з шару, розташованого нижче термоклин (це явище найбільш помітно восени перед настанням гомотермії). Крім того, з буферного водосховища забирається вода для закачування у верхню водойму ГАЕС, яка потім скидається зворотно в режимі генерації енергії під час пікового споживання.

Аналіз літературних джерел щодо впливу Дністровської ГАЕС на біорізноманіття гідробіонтів показав майже повну відсутність наукових даних, а також значні відмінності у

трактуванні характеру впливу експлуатації Дністровських ГЕС/ГАЕС, спрямованих на виявлення та виокремлення цього впливу від режимів Дністровської та Нижньодністровської ГЕС.

Інститутом гідробиології НАН України у 2023 р. було проведено оцінку сучасного екологічного стану/потенціалу транскордонної ділянки Дністра в умовах експлуатації Дністровської ГАЕС. Гідробиологічні дослідження виконувались у складі комплексних гідроекологічних досліджень з метою оцінки впливу роботи Дністровської ГАЕС і в цілому Дністровського комплексного гідровузла на гідробиологічний режим транскордонної ділянки Дністра. Проведено посезонні натурні дослідження з оцінки структури гідробиоти, якісних і кількісних показників угруповань гідробионтів (фітопланктону, фітобентосу, зоопланктону, макрофітів, макробезхребетних). Основними об'єктами досліджень були: верхній і нижній б'єфи Дністровської ГЕС, верхня водойма ГАЕС, буферне водосховище, транскордонна ділянка річки Дністер.

Дослідженнями було відмічено загальне зростання біорізноманіття водної флори та фауни як у буферному водосховищі, так і на транскордонній ділянці відносно більш ранніх досліджень. У буферному водосховищі сформувалися унікальні угруповання гідробиоти, які включають у себе як види, притаманні середньому Дністру, так і реофільні холодолюбні види, що мешкають у гірських притоках річки та знайшли собі умови для проживання в холодних водах, які надходять з нижнього б'єфу Дністровського водосховища та характеризуються активною гідродинамікою, викликаною роботою ГАЕС.

За результатами аналізу щодо кількісного розвитку та видового складу фітопланктону встановлено, що річкова ділянка нижче Нижньодністровської ГЕС відрізнялась від буферного водосховища і верхньої водойми ГАЕС, при цьому ступінь подібності зменшувався з віддаленням від греблі. Відбувалося скорочення видового багатства і зниження кількісних показників відносно водосховищ, відмічена тенденція до зниження частки зелених і синьозелених водоростей. Тобто, на ділянці нижче Нижньодністровської ГЕС відбувається поступове відновлення характеру розвитку фітопланктону до такого, що характерно для

річок такого типу.

Найбільше проективне покриття на транскордонній ділянці Дністра мають переважно два види макрофітів – *Potamogeton perfoliatus* та *Stuckenia pectinata*, які тривалий час були пристосовані до специфічних умов річки і зростали тут і до побудови ГЕС. Тобто, на сьогоднішній день, помітного впливу на заростання макрофітами транскордонної ділянки Дністра нами не виявлено.

Аналізуючи зв'язок динаміки вмісту розчиненого кисню з розвитком макрофітів та водоростевих угруповань, слід зазначити, що на транскордонній ділянці Дністра відносно буферного водосховища відбувається зміщення продукційних процесів з водної товщі (де продуцентом виступає фітопланктон) у контурні угруповання (у нашому випадку це угруповання мікрофітобентосу та макрофітів). Кисневий режим транскордонної ділянки Дністра нижче м. Могилів-Подільського вже майже не залежав від загального вмісту кисню, що надходить із буферного водосховища, а більшою мірою зумовлений продукційними процесами в автотрофному блоці гідробіонтів. Дністровська ГАЕС не здійснює жодного впливу на цей процес, навіть зважаючи на часткову аерацію води буферного водосховища при роботі ГАЕС в режимі генерації енергії.

Зоопланктон транскордонної ділянки Дністра нижче греблі Нижньодністровської ГЕС показав динамічний характер формування угруповань як у видовому відношенні, так і за кількісними показниками. Видова представленість зоопланктонних угруповань у пробах змінювалася у широких межах, відмічено поступове зростання частки коловерток і зменшення ролі планктонних ракоподібних. Мінімальні кількісні показники на фоні досить високого видового багатства зареєстровані на річковій ділянці в районі м. Ямпіль, що також, певною мірою, вказує на поступове відновлення характеру розвитку зоопланктону до річкового типу в умовах нормального розвитку прибережної водної рослинності.

Коливання чисельності ракоподібних за часом і у просторі загалом незначні. У буферному водосховищі та у нижньому б'єфі Нижньодністровської ГЕС з українського берега помітно зменшилась кількість круглих та малощетинкових черв'яків –

індикаторів органічного забруднення вод. Деяке зростання кількості цих груп в районі с. Оксанівка, скоріш за все, зумовлене органічним забрудненням Дністра після м. Атаки/Могилів-Подільського і не має відношення до впливу ГЕС і, тим більше, ГАЕС. Звертає на себе увагу трикратне збільшення кількості гамарид в районі с. Оксанівка у 2023 р. відносно минулих років. Цей факт потребує додаткових досліджень, але у будь-якому разі це явище носить позитивний характер, оскільки може вказувати на покращення якості вод та екологічного стану річки. Аналіз біотичних індексів вказують на II, а три з них навіть на I клас якості. Помітного прямого впливу роботи ГАЕС на донні угруповання на транскордонній ділянці Дністра нами не відзначалося.

Отже, отримані результати дозволяють констатувати загальне зростання біорізноманіття водної флори та фауни на ділянці нижче Нижньодністровської ГЕС відносно більш ранніх досліджень. Хоча на деяких ділянках, наприклад с. Нагоряни, спостерігається дефектність загальної фізіономії та структури рослинних угруповань та донної фауни (монодомінантне угруповання дрейсени по всьому постійно залитому перерізу дна з української сторони), але вже в районі м. Могилів-Подільський – м. Ямпіль, донні та планктонні угруповання гідробіонтів стають більш різноманітними та структурованими.

Роботу виконано в рамках проекту «Розроблення технології мінімізації екологічних ризиків в умовах кліматичного та спричиненого війною дефіциту води для забезпечення продовольчої та біологічної безпеки України» (бюджетна програма «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень» (КПКВК 65 (41230), науково-дослідної роботи «Оцінка сучасного екологічного стану/потенціалу транскордонної ділянки Дністра в умовах експлуатації Дністровської ГАЕС» (№ держреєстрації 0123U101975).

**БІОРІЗНОМАНІТТЯ МАКРОЗООБЕНТОСУ
ІНФРАЛІТОРАЛЬНОГО ПІСКУ ОДЕСЬКОГО
МОРСЬКОГО РЕГІОНУ (ЧОРНЕ МОРЕ)**

**Бондаренко О. С., Синьогуб І. О., Кудренко С. А.,
Рибалко О. А.**

ДУ «Інститут морської біології НАН України»

E-mail: olena.bondarenko@gmail.com

Однією з найважливіших цілей, яку поставило перед собою європейське суспільство є досягнення та підтримка «доброго» екологічного стану морського середовища. Для його визначення розроблені 11 якісних дескрипторів (MSFD, 2008/56/EC), перший з яких базується на оцінці біорізноманіття [1]. Стан біологічних угруповань, що відображає кумулятивний вплив екологічних факторів – є одним із ключових моментів у визначенні екологічного стану морського середовища. Біорізноманіття та функціональні показники макрозообентосу оцінюють для угруповань різних широких оселищ морського дна.

В даному дослідженні приведені результати аналізу структури та оцінки біорізноманіття угруповань макрозообентосу інфраліторального піску та замуленого піску Одеського морського регіону. До аналізу включені матеріали зібрані у період 2005–2022 рр. на глибині 0,5–12 м. Окремі угруповання виділяли методом ієрархічної кластеризації на основі матриці подібності. Подібність між парами зразків оцінювали за індексом подібності Брея-Куртіса з використанням показників біомаси безхребетних. Для статистичного аналізу первинні дані попередньо трансформували шляхом вилучення $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$. Оцінку біологічного різноманіття угруповань макрозообентосу проводили з використанням індексу Шенона ($H' \log 2$) та індексу вирівняності Пієлу (J').

У період дослідження у верхній інфраліторальній зоні піщане дно акваторій штучних пляжів м. Одеса та деякі відкриті ділянки (середня глибина $2,3 \pm 0,3$ м) займало угруповання макрозообентосу, сформоване в основному Annelida та Amphipoda. В даному угрупованні зареєстровано 51 таксон – представників 5 типів тварин: Nemertea, Platyhelminthes, Annelida,

Arthropoda та Mollusca. Кількість присутніх видів у пробі коливалась від 1 до 13 і в середньому становила лише 5 ± 1 вид. Чисельність макрозообентосу змінювалась від 25 екз. $\square \text{ м}^{-2}$ до 5775 екз. $\square \text{ м}^{-2}$, її середнє значення склало 758 ± 151 екз. $\square \text{ м}^{-2}$. Мінімальне значення біомаси макрозообентосу становило $0,250$ г $\square \text{ м}^{-2}$, максимальне – $187,044$ г $\square \text{ м}^{-2}$, середнє значення – $16,913 \pm 5,683$ г $\square \text{ м}^{-2}$. Основу угруповання формували поліхета *Spio filicornis* (O.F.Muller, 1776) (середня чисельність склала 147 ± 59 екз. $\square \text{ м}^{-2}$, біомаса – $0,579 \pm 0,363$ г $\square \text{ м}^{-2}$), *Oligochaeta* (110 ± 50 екз. $\square \text{ м}^{-2}$ та $0,186 \pm 0,092$ г $\square \text{ м}^{-2}$ відповідно) та *Ampelisca diadema* (Costa, 1853) (152 ± 65 екз. $\square \text{ м}^{-2}$ та $0,444 \pm 0,181$ г $\square \text{ м}^{-2}$ відповідно). В угрупованні серед трофічних груп за чисельністю домінували детритофаги, які склали близько 70% від загального показника, їхня частка у загальній біомасі угруповання становила близько 30 %, а 45% даного показника склали сестонофаги. Угруповання характеризувалось відносно низькими показниками Індексу Шенона ($H' \log 2$), який варіював в діапазоні від 0,1 біт \square особина⁻¹ до 3,0 біт \square особина⁻¹, склавши в середньому всього $1,5 \pm 0,1$ біт \square особина⁻¹. При цьому Індекс вирівняності Пієлу (J') варіював від 0,55 до 0,96, склавши в середньому $0,78 \pm 0,03$.

На відкритих ділянках інфраліторальної зони на піску та замуленому піску широкому діапазоні глибини від 2 до 12 м, з середньою глибиною $5,5 \pm 0,3$ м зареєстровано угруповання з кількісним домінуванням представника ряду Venerida – *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758). В 1930–1940-х роках *Ch. gallina* була масовим видом макрозообентосу в північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ). Вид існував на піщаних та мулистих ґрунтах на глибині 3.5–10 м. З початку інтенсивного евтрофування регіону популяція даного виду та структура угруповання з його домінуванням зазнали значних змін. Вже в 1970-х роках угруповання в ПЗЧМ реєструвалось лише в районі Одеської банки та в Каркінітській затоці. В період 1994–1999 рр. в Одеському морському регіоні не було виявлено жодного живої особини *Ch. gallina*. Починаючи з 2005 р. в регіоні реєстрували біоценоз *Ch. gallina*, який на той період перебував на стадії формування [2].

За період дослідження в структурі угруповання з домінуванням *Ch. gallina* зареєстровано 68 таксонів з п'яти типів:

Nemertea, Platyhelminthes, Annelida, Arthropoda та Mollusca. Кількість видів у пробі коливалась від 2 до 19, в середньому склала 10 ± 1 вид. Чисельність макрозообентосу змінювалась від 133 екз./м² до 25 364 екз./м², її середнє значення склало $3\,741 \pm 555$ екз./м². Мінімальне значення біомаси макрозообентосу становило 6,675 г/м², максимальне – 4 836,950 г/м², середнє значення – $1322,331 \pm 209,078$ г/м². За чисельністю та біомасою в угрупованні домінувала *Ch. gallina*, середні значення даних показників становили 1608 ± 516 екз./м² та $1168,826 \pm 191,590$ г/м² відповідно. В даному угрупованні серед трофічних груп за чисельністю та біомасою домінували сестонофаги – 54% та 94% відповідно. Індекс Шенона ($H' \log 2$) на окремих стаціях змінювався від 0,1 біт/особина⁻¹ до 3,6 біт/особина⁻¹, склавши в середньому $2,2 \pm 0,1$ біт/особина⁻¹. Індекс вирівняності Пієлу (J') коливався в широкому діапазоні величин – від 0,15 до 0,94, його середня величина склала $0,65 \pm 0,03$.

У структурі даних угруповань локально зареєстровані поселення *L. mediterraneum* на глибині до шести метрів, найбільш щільні поселення даного виду характерні на глибині до 3 м, найвища зафіксована щільність даного виду становила 4396 екз./м² на глибині 2 м.

Отже в результаті аналізу структурних показників та біорізноманіття макрозообентосу інфраліторального піску та мулистого піску Одеського морського регіону в діапазоні глибини 0,5–12,0 м виділено два угруповання донних макробезхребетних. Акваторії штучно створених пляжів м. Одеси та деякі відкриті ділянки ($2,3 \pm 0,3$ м глибини) займало угруповання, в якому переважали Annelida та Amphipoda. Угруповання характеризувалось низькими чисельністю, біомасою та показниками біорізноманіття. На відкритих ділянках моря у відносно широкому діапазоні глибин (в середньому $5,5 \pm 0,3$ м) зареєстровано угруповання з домінуванням *Ch. gallina* – виду, популяція якого в регіоні відновилась у сучасний період. Порівняно з угрупованням Annelida та Amphipoda чисельність даного угруповання була вищою у 5 разів, а біомаса – на два порядки, угруповання з домінуванням *Ch. gallina* характеризувалось більшим різноманіттям.

Список літератури

1. DIRECTIVE 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy, 17 June 2008. (MSFD, 2008/56/EC).
2. Синегуб И.А., Биоценозы Одесского морского региона // И. А.Синегуб, Л. В. Воробьева / Одесский регион Черного моря: гидробиология пелагиали и бентали. – Одесса: Астропринт, 2017. – С. 274–291.

УДК 574.5: 597.215 (262.5.05)

**ЕКОСИСТЕМИ МИСІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ
ЧОРНОГО МОРЯ – ПРИРОДНІ РЕЗЕРВАТИ МОРСЬКИХ
ПРИБЕРЕЖНИХ РИБ**

Виноградов О.К., Богатова Ю.І., Синьогуб І.О.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук
України»

E-mail: bogatovayu@gmail.com

У відомій нам літературі миси північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ), як особливий тип екосистем, не розглядались. Застосувавши ландшафтно-біотопний підхід, у прибережній смузі ПЗЧМ ми виділяємо групи схожих природних екосистем: 1 – мисів, 2 – піщаних бухт, 3 – піщаних пересипів лиманів, 4 – лиманів та лагун, 5 – гирл річок. Серед них лише екосистеми мисів (ЕМ), утворюючись на абразійних ділянках берегів, включають у свій склад скупчення великих уламків каміння. Миси у ПЗЧМ знаходяться на різних стадіях руйнування, на різній відстані один від одного і з усіх боків оточенні пухкими ґрунтами. Між кам'янистими ділянками мисів і прилеглими пухкими ґрунтами утворюються екотонні зони, де є як тверді субстрати, так і плями пухких ґрунтів. Тверді субстрати заселяються водоростями-макрофітами і двостулковими молюсками, які входять до складу біоценозів і одночасно стають додатковим субстратом. На відміну від інших, ЕМ мають велику кількість схованок та укритій для донних і придонно-пелагічних

риб. Кам'янисті підводні ділянки мисів висуваються від берега до глибин 8-10 м і більш, височіють над дном на більшу чи меншу висоту, завдяки чому створюється складний рельєф, на відміну від рівного рельєфу пухких ґрунтів. В ЕМ можна виділити три зони, які відрізняються деякими абіотичними особливостями. Перша простягається до глибини 1,5-2,0 м. Тут найкраще освітлення, що важливо для макрофітів. Завдяки звичайній гідродинаміці концентрації кисню коливаються від 3,0-4,0 до 15,0-17,0 мгО₂·дм⁻³. Вона першою прогрівається навесні. Однак сильні шторми восени і взимку можуть повністю знищувати біоценози, які починають відновлюватись лише навесні. Зона з глибинами 2,0-6,0 м характеризується найбільш стабільними умовами існування. Третя – найбільш глибока зона влітку та на початку осені, завдяки виникненню пікнокліну, може страждати від гіпоксії і в деякі роки потрапляти під дію сірководню. В ній найменше проявляється дія штормів. При потребі риби можуть переходити із однієї зони в іншу не покидаючи ЕМ. Складний рельєф мисів не дозволяє використовувати деякі сітні знаряддя лову.

Миси ПЗЧМ є кисневими, із сезонними змінами температури, солоності, деяких біотичних компонентів, трансаквальними, повноструктурними екосистемами. Автотрофи в них представлені одноклітинними планктонними і бентосними водоростями і багатоклітинними макрофітами, які зазвичай стають першими ланками харчових ланцюгів. Макрозообентос ЕМ, яким харчуються багато видів риби, складають: 33 види хробаки із різних систематичних груп, 23 видів двостулкових і червоногих моллюсків, 29 видів ракоподібних і 6 представників інших груп. Риби – гетеротрофи другого та третього порядків керують ЕМ зверху. В ЕМ створюється кормова база як для личинок та мальків, так і для дорослих риби. Масові двостулкові моллюски і більшість інших донних безхребетних продукують велику кількість пелагічних личинок, які об'єднуються термінами меропланктон і лярватон. Найбільші концентрації меропланктону співпадають з періодом розмноження риби. Багато видів риби ЕМ привертають наявністю різних за розміром уламків каміння і жорстких таломів макрофітів для відкладення дімерсальної ікри. Для ЕМ характерна велика кількість мальків і молоді риби, які

розвивались у донній і плавучій ікрі, а також у ікрі, яка виношується. В ЕМ відмічається і молодь прохідних риб.

На початку 2000-х років на піщаних ділянках узбережжя ПЗЧМ наприкінці літа і на початку осені відмічались випадки масової загибелі риб. На одному погонному метрі берегової лінії було до 5-15 кг загиблої риби, яка створювала смугу завширшки 1,0-1,5 м і довжиною до 3-5 км. Дослідження показали, що це явище є наслідком одночасної дії декількох чинників: 1 – надмірного евтрофування, 2 – зниження гідродинаміки, 3 – високої температури, 4 – аноксії у придонному шарі води. Бактеріальне розкладання органічної речовини у безкисневих умовах призводить до накопичення сірководню. При згонах з компенсаційними течіями сірководень виходить на мілководдя, притискаючи риб до піщаних берегів. На відміну від рівного рельєфу дна пухких ґрунтів, кам'янисті ділянки мисів височіють над дном і концентрація кисню там не падає нижче $3,0-4,0 \text{ мгО}_2 \cdot \text{дм}^{-3}$, що сприяє виживанню риб як із кам'янистих біотопів, так і із сусідніх кам'янисто-піщаних.

В ЕМ Дунайсько-Дніпровського міжріччя зазначено видів риб: мис Бурнас – 72, мис Великий Фонтан – 83, мис Аджияск – 69. На видовий склад іхтіофауни впливає опріснення і осінньо-зимове пониження температури. В ЕМ ПЗЧМ, які знаходяться південніше на скелястих берегах, знайдено видів риб: мис Тарханкут – 93, мис Каліакра – 97. Між мисами на пухких грантах зазвичай відмічається до 10-12 видів риб.

В ЕМ ПЗЧМ відмічаються морські пелагічні риби, мігранти, донні і придонно-пелагічні риби, як жилі, так і мігруючі. Іхтіофауну складають 120 видів із трьох фауністичних комплексів: східно-атлантично-середземноморського, 2 – понто-каспійського і річкового, а також акліматизантів *Liza haematocheilus* (Temminck & Schlegel, 1845) і сонячний окунь *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758). Прохідними є сім видів, із яких шість розмножуються у річках, а один в Атлантичному океані. В ЕМ вони представлені молодими особинами. У періоди паводків в ЕМ потрапляють 18 видів напівпрохідних і річкових риб. Серед морських видів значну більшість складають риби східно-атлантично-середземноморського походження. В ЕМ зазначено без врахування напівпрохідних і річкових риб: донних – 45 видів,

придонно-пелагічних – 16, пелагічних – 41.

Наявність в ЕМ великої кількості різних за розмірами уламків каміння і поселень водоростей макрофітів створює умови для нересту донних і придонно-пелагічних риб з донною ікрою. Таку ікру мають 42 види, більшість із яких гніздові і охороняють кладки. Чотири види відкладають ікру на макрофіти і один вид розкидує ікру на піщаний ґрунт в екотонних зонах. Там же відбувається нерест 10 видів донних риб із пелагічною ікрою, яка розноситься із ЕМ течіями. Шість видів із родини Syngnathidae виношують ікру.

У відносно бідній на тверді субстрати ПЗЧМ роль кам'янистих ділянок мисів у вигляді невеликих анклавів біотопів перифіталі, як природних резерватів прибережної іхтіофауни, набуває особливого значення. Це підтверджується і тим фактом, що із 120 видів риб різних фауністичних комплексів і екологічних груп, знайдених там, 75 внесені з різних причин у вітчизняні і міжнародні червоні списки. Враховуючи наведену інформацію, ми вважаємо, що екосистеми мисів потребують спеціальної охорони.

УДК: (502/504:582.232):615

**ОЦІНКА КОРИГУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ
МІКРОВОДОРОСТЕЙ ЩОДО ЗАБРУДНЕННЯ
СЕРЕДОВИЩА ПЕСТИЦИДАМИ**

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

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: horynoi@tntpu.edu.ua

Проблема зменшення токсичного ефекту від забруднення та утилізації надлишкових кількостей різноманітних сполук сільськогосподарського призначення, які зберігалися на складах та у сховищах, є надзвичайно актуальною. Одну з найбільших небезпек становлять пестициди та їх метаболіти через свою здатність накопичуватися та зберігатися у природному середовищі протягом десятиліть, навіть при внесенні їх у дозованих кількостях відповідно до правил застосування. [2]. Серед усіх відомих способів дезактивації токсичних органічних

сполук найбільш перспективними є біотехнологічні методи. Переваги таких способів дезактивації пояснюються різноманітністю ензимних систем мікроорганізмів, лабільністю їх метаболізму та швидкою адаптацією до несприятливих чинників довкілля, що дозволяє розкласти широкий спектр хімічно стійких сполук.

Тому метою авторів стало розроблення способу оцінки коригуючої здатності мікробіодоростей щодо забруднення середовища пестицидами на основі визначення мінімального набору показників ушкодження біомолекул у гепатоцитах корошових риб. На підставі інтегрального аналізу було обрано мінімальний набір показників, які є визначальними для специфічної ідентифікації стану молекулярних систем організму [1, 3].

Поставлена задача вирішується тим, що на основі визначення показників ушкодження біомолекул у тканинах смугастого даніо *Danio rerio* у порівнянні з контролем (виражених у відсотках від контрольних показників) за токсичного впливу навколишнього середовища оцінюють коригуючий потенціал мікробіодоростей щодо пошкоджень, завданих пестицидами нецільовим водним організмам. Результати визначення показників пошкоджень уніфікують обраховуючи відхилення від контрольних значень та інтегрують за формулою: ПУБ (інтегральний індекс ушкодження біомолекул) = (АФО + ОМП + 0,1*ТБК-АП + 0,1*фл ДНК) – ЗАА [4].

Отримані результати переносять на шкалу токсичності водного середовища та, порівнюючи з ПУБ для даного забруднювача, роблять висновок про коригуючу здатність мікробіодоростей: 0 – 50 – низька токсичність, 51 – 100 – середня, 101 – 150 – висока, 151 – 200 – критична.

Для визначення впливу пестицидів на дорослих особин даніо: *Danio rerio* експонували впродовж 14 діб у присутності пестицидів або зразків води з природних водойм забруднених стоками з полів та екстракту водоростей, паралельно закладаючи контрольну групу без жодних додаткових впливів. Після закінчення експозиції виділяли тканину печінки і готували 10% гомогенат для дослідження. У зразках тканин визначали вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів за рівнем ТБК-АП (ТБК-АП), окисних модифікацій протеїнів (ОМП), утворення

оксирадикалів (АФО), фрагментацію ланцюгів ДНК (фл ДНК) та загальну антиоксидантну активність (ЗАА) [4].

Реалізація моделі потенційної позитивної дії водоростей проілюстрована на прикладі оцінки здатності *Chlorella vulgaris* коригувати негативний вплив екологічно реальних концентрацій раундапу, хлорпірифосу та їх суміші на нецільові організми. Для оцінки коригуючої здатності мікрowodоростей до дослідних акваріумів вносили культуру штаму *Chlorella vulgaris* Beij. CCAP-211/11в з розрахунку 100 тис. кл/дм³. Для визначення необхідного об'єму суспензії (мл) підраховували кількість клітин *Ch. vulgaris* у вихідному розчині з використанням камери Горяєва.

Визначення індексу ушкодження біомолекул *D. rerio* відбувалося за впливу раундапу – 15 мкг/л (R), хлорпірифосу – 0,1 мкг/л (CIP) та їх суміші у концентраціях 15 мкг/л та 0,1 мкг/л відповідно (R+CIP). Концентрації чинників відповідали діапазону їх концентрацій у поверхневих водах або місцях скиду побутових стоків з полів. Вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів досліджували у 10 % гомогенаті печінки після 14 діб інкубації за рівнем ТБК-АП, окисних модифікацій протеїнів, утворення оксирадикалів, фрагментацію ланцюгів ДНК та загальної антиоксидантної активності. Одержані результати демонстрували, що ПУБ для групи R становило 70, CIP – 108, R+CIP – 85, що вказує на середню, високу і середню токсичність відповідно.

Паралельно з цим, визначення індексу ушкодження біомолекул *D. rerio* за впливу раундапу – 15 мкг/л, хлорпірифосу – 0,1 мкг/л, їх суміш у концентраціях 15 мкг/л та 0,1 мкг/л відповідно та у присутності *Ch. vulgaris* (близько 100 тис. кл/дм³) як коригуючого чинника показало наступні результати: у групі R+Ch ПУБ зменшився до 71, CIP+Ch – 95, R+CIP+Ch – 62.

Таким чином, одержані результати дозволяють зробити висновок, що внесення *Chlorella vulgaris* у кількості близько 100 тис. кл/дм³ у середовище не продемонструвало істотного коригуючого впливу на токсичність водного середовища, спричинену наявністю екологічно реальних концентрацій раундапу, хлорпірифосу та їх суміші. Проте за впливу хлорпірифосу така дія виявилася достатньою, щоб знизити ступінь токсичності з високого на середній. Це підтверджує

потенційний позитивний вплив водоростей на функціонування екосистеми загалом, водночас використання водоростей у процесах детоксикації потребує більш детального гідробиологічного аналізу.

Список літератури

1. Falfushynska H., Khatib I., Kasianchuk N., Lushchak O., Horyn O., Sokolova I.M. Toxic effects and mechanisms of common pesticides (Roundup and chlorpyrifos) and their mixtures in a zebrafish model (*Danio rerio*). *Sci Total Environ.* 2022 Apr 12;833:155236. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155236>
2. Khatib, I.; Rychter, P.; Falfushynska, H. Pesticide Pollution: Detrimental Outcomes and Possible Mechanisms of Fish Exposure to Common Organophosphates and Triazines. *J. Xenobiot.* 2022, 12, pp 236-265. <https://doi.org/10.3390/jox12030018>
3. Боднар О. І., Хатіб І., Горин О. І., Сорока О. В., Німко Х. І., Чернік І. В., Ковальська Г. Б., Фальфушинська Г. І. Прояви окисного стресу та метаболічних порушень у *Danio rerio* за дії фосфоорганічних пестицидів. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.*, 2021, № 3-4 (82). С. 43-49. DOI: [10.25128/2078-2357.21.4.5](https://doi.org/10.25128/2078-2357.21.4.5)
4. Декларативний патент на корисну модель (заявка № u2021 02664) C02F 3/00, C02F 1/00, C02F 3/34 Спосіб оцінки коригуючої здатності мікрowodоростей щодо забруднення середовища пестицидами / Горин О.І., Фальфушинська Г.І., Боднар О.І., Ковальська Г.Б., Хатіб І. №. UA 149979 U; заявл 05.05.2021; опубл. 22.12.2021. Бюл.№ 51.

УДК 581.526.323:628.13](282.247.32)(477)

КОНТУРНІ ВОДРОСТЕВІ УГРУПОВАННЯ РІЧКОВОЇ ДІЛЯНКИ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА (УКРАЇНА)

Григор'єва Г.Є., Жорова А.В., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш.

Інститут гідробиології Національної академії наук України, Київ
E-mail: annanika2930@gmail.com; annazhorova3417@gmail.com;
davydovoleg01@gmail.com; elina.kozyichuk@gmail.com

Контурні водоростеві угруповання – це узагальнена назва екологічних груп водоростей

фітобентосу, які вегетують на розділі фаз: «вода – м'який субстрат» – мікрофітобентос, «вода – рослинний субстрат» – фітоепіфітон та «вода – твердий субстрат» – фітоперифітон [2].

Фітобентос – важливий компонент водних екосистем, який бере участь у формуванні якості води, біопродуктивності водних об'єктів та є одним з обов'язкових елементів при оцінці їхнього екологічного стану (потенціалу) у відповідності до Водної Рамкової Директиви ЄС та при здійсненні Державного моніторингу вод [1, 3]. Відповідні дослідження охоплюють, зокрема вивчення як видового складу, структури, так і кількісних показників розвитку гідробіонтів.

Метою роботи було встановлення видового складу та домінуючих комплексів за чисельністю мікрофітобентосу та фітоепіфітону річкової ділянки Канівського водосховища.

Дослідження контурних водоростевих угруповань річкової ділянки Канівського водосховища проводили влітку 2023 р. на основному руслі (в районі парку «Наталка») та водному об'єкті придаткової мережі Канівського водосховища – затоці Собаче Гирло. Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометром Владимірової (МБВ) на глибині 0,5 м на слабо замуленому піску, проби фітоепіфітону – на рослинах роду *Sparganium* L. та *Nuphar lutea* L.

У складі мікрофітобентосу виявлено 97 видів водоростей та внутрішньовидових таксонів (ввт) (включно з номенклатурним типом виду) з 6 відділів. Провідна роль належала Bacillariophyta – 83 ввт (85,6%), інші відділи представлені менш різноманітно: Chlorophyta – 6 (6,2%), Euglenozoa – 4 (4,1%), Cyanobacteria – 2 (2,1%), Cryptista та Miozoa – по 1 ввт (біля 1%).

Влітку на ступінь вегетації мікрофітобентосу та фітоепіфітону суттєво впливали планктонні форми Cyanobacteria, які за масової вегетації («цвітіння») періодично осідали з товщі води на дно та вищі водяні рослини за високої гідродинамічної активності водних мас під час пікових режимів роботи Київської ГЕС. За таких умов частка Cyanobacteria на дні могла сягати 48,2%, Bacillariophyta – 46,1, Chlorophyta – 4,6, Euglenozoa – 0,7, Miozoa – 0,2, Cryptista – 0,2%.

У мікрофітобентосі за чисельністю домінували представники ціанобактерій та діатомових водоростей –

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing (45%) і *Melosira varians* C. Agardh (20%) відповідно.

У прибережних ділянках затоки Собаче Гирло із заростями вищої водної рослинності видовий склад фітоепіфітону був менш різноманітний, ніж у мікрофітобентосі. Так, у фітоепіфітоні на рослинах р. *Sparganium* відмічено 63 ввт з 4 відділів, серед яких найбільш представлені Bacillariophyta – 57 ввт (90%). Частка Cyanobacteria складала лише 5%, Chlorophyta – 3%, Euglenozoa – 2%.

У фітоепіфітоні на *N. lutea* ідентифіковано 56 ввт із 3 відділів. Їхня представленість у флористичному багатстві майже не відрізнялась від аналогічних показників у фітоепіфітоні на *Sparganium*: Bacillariophyta складала 87,5%, Chlorophyta – 9,0%, Cyanobacteria – 3,5%.

Формування чисельності фітоепіфітону на різних видах вищих водних рослин суттєво відрізнялось: на *Sparganium* на Cyanobacteria припадало 48%, Bacillariophyta – 47,1%, Chlorophyta – 4,0%, Euglenozoa – 0,9%. Натомість, у фітоепіфітоні на *N. lutea* частка Cyanobacteria досягала 93,0%, а частка Bacillariophyta та Chlorophyta була незначною – 6% та 1% відповідно.

Встановлено, що у період інтенсивного розвитку в товщі води Cyanobacteria на різних видах вищих водних рослин основним компонентом домінуючого комплексу фітоепіфітону був *M. aeruginosa*. Так, на *N. lutea* його частка у загальній чисельності складала 84,7%, на *Sparganium* – 36%.

Таким чином, встановлено, що видовий склад та домінуючий комплекс контурних водоростевих угруповань річкової ділянки Канівського водосховища має певні схожі риси та відмінності. Вони залежать від специфічних умов, що формуються на розділі різних фаз, та від інтенсивності осідання планктонних форм водоростей на дно та вищі водні рослини.

Список літератури

1. Афанасьєв С.О. Проблеми і розвиток досліджень екологічного стану гідроекосистем України в аспекті імплементації директив ЄС в галузі довкілля. *Гідробиол. журн.* 2018. Т. 54, № 6. С. 3–17.
2. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод /

За ред. В.Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.

3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Offic. J. EC. L. 327, 22.12.2000. 72 p.

УДК 597.2/.5 (282.243.7.043)(477)

**СТРУКТУРА УГРУПОВАНЬ РИБ НА ДІЛЯНЦІ РІЧКИ УЖ
В МЕЖАХ ЕКОТОННОЇ ЗОНИ ПЛЕСО-ПЕРЕКАТ**

**Гупало О.О., Тимошенко Н.В., Летицька О.М.,
Коваленко Ю.О., Причепя М.В.**

Інститут гідробіології Національної Академії наук України, Київ
E-mail: natali_tim@i.ua

Дослідження іхтіофауни р. Уж, що протікає на Закарпатті України і відноситься до басейну Тиси, були присвячені переважно опису видового складу риб. Дані щодо чисельності видів, структури угруповань і біотопічної приналежності риб на окремих ділянках річки неповні. Іхтіофауна басейну р. Уж на теперішній момент представлена понад 50 видами риб та круглоротих, і впродовж останнього століття зазнала змін в результаті зникнення деяких раритетних і появи нових чужорідних видів.

Метою нашого дослідження було з'ясування видового різноманіття риб та розподілу їх угруповань в р. Уж на ділянці плесо-перекат.

Дослідження виконані у рамках науково-дослідних робіт Інституту гідробіології НАН України весною 2023 року у руслі р. Уж на п'яти станціях в межах міста Ужгород. Відбір іхтіологічного матеріалу проводили у відповідності до загальноприйнятих іхтіологічних методів. Видову приналежність риб визначали безпосередньо на місці за допомогою визначників та довідників. Спіймані риби, після зважування та вимірювання довжини, були повернуті неушкодженими та в живому стані у водне середовище. Номенклатура риб наведена за Ю.В. Мовчаном [1].

За результатами дослідних ловів на ділянці р. Уж в межах міста Ужгород було знайдено 16 видів риб з трьох родин. З них

найбільше видів відносяться до родини корошових – 12 видів: ялець звичайний – *Leuciscus leuciscus* (Linnaeus, 1758), головень європейський – *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758), підуст європейський – *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758), верховодка звичайна – *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758), верховка звичайна – *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843), рибець звичайний – *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758), білизна європейська – *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758), гірчак європейський – *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782), чебачок амурський – *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846), пічкур карпатський – *Gobio carpathicus* Vladykov, 1925, білоперий пічкур дністровський – *Romanogobio keslerii* (Dybowski, 1862), марена карпатська – *Barbus carpathicus* Kotlík, Tsigenopoulos, Ráb & Verrebi, 2002. До родини в'юнових належали три види: щипавка дунайська – *Cobitis elongatoides* Bacescu et Maier, 1969, золотиста щипавка дунайська – *Sabanejewia bulgarica* (Drensky, 1928), щипавка балканська – *S. balcanica* (Karaman, 1922), та лише один вид до родини головешкових: головешка ротань – *Percottus glenii* Dybowski, 1877.

Раритетний компонент іхтіофауни у ловах був представлений чотирма видами риб (ялець, підуст європейський, білоперий пічкур дністровський і марена карпатська), що занесені до ЧКУ [2, 3], і склали 25% видового складу. До списків Додатка III Бернської конвенції [4] належало 50% видового складу риб дослідженої ділянки (підуст європейський, верховка, рибець, білизна європейська, гірчак європейський, білоперий пічкур дністровський, марена карпатська, щипавка дунайська).

Частка інвазійних видів риб представлена двома видами – чебачком амурським і головешкою ротанем та нараховувала 12,5% від загального видового складу риб на дослідній ділянці р. Уж.

У складі іхтіофауни дослідженої ділянки річки Уж були представники чотирьох фауністичних комплексів: найбільш представлений понто-каспійський прісноводний комплекс – вісім видів (підуст, верховодка, верховка, рибець, білизна, пічкур карпатський, білоперий пічкур дністровський і марена карпатська), менше – бореальний рівнинний комплекс – п'ять видів (ялець, головень, щипавка дунайська, золотиста щипавка

дунайська і щипавка балканська), один представник іхтіофауни відноситься до третинного рівнинного прісноводного комплексу (гірчак) та два чужорідні види з китайського рівнинного комплексу (чебачок амурський і головешка ротань).

За екологічною характеристикою половина зареєстрованих видів риб р. Уж (в межах міста Ужгород) відносяться до реофілів, серед яких переважна більшість є раритетними видами. Усі відмічені види нерестяться у весняно-літній період, більшість з них відноситься до псамолітофілів по відношенню до нерестового субстрату, лише три види є літофілами та один вид – остракофіл. За типом живлення найбільша кількість видів – бентофаги та еврифаги, тоді як зоопланктофаги та хижаки мають по два представники.

Досліджені ділянки річки розрізнялися за комплексом абіотичних умов і, відповідно, складом угруповань риб. Перша ділянка розташована на перекаті зі швидкістю течії 1,5–2 м/с, глибинами до 1 м і крупним гальково-гравійним субстратом. Тут було відмічено п'ять видів риб: найчастіше в уловах зустрічався пічкур карпатський, червонокнижні підуст і марена карпатська, які ховались між куртинами затопленої дощовим паводком лучної трави, а головень та гірчак траплялися поодинокі.

Друга ділянка, що розташована нижче за течією, об'єднує в себе більшу кількість станцій лову, і за типом є плесом – швидкість течії поступово зменшується від 1,1 до 0,7 м/с, субстрат складається з піщано-галькової суміші, збільшується глибина в руслі, в той час, як наявність мілких кос, утворених з наносів гальки і піску, часто порослих осокою, а подекуди вербою і тополею, сприяє утворенню місць під берегом річки зі сповільненою течією. Іхтіофауна тут характеризується більшим видовим багатством (представлені усі 16 видів), проте найчастіше зустрічаються – гірчак та підуст. Поширеними на цій ділянці також є інші представники родини корошових: білизна, головень, пічкур, марена карпатська, верховка і верховодка, інші види реєструвалися в одиничних екземплярах. Загалом, нижчі станції характеризуються подібністю видового складу, а збільшення різноманіття відбувається за рахунок лімнофілів, зокрема цій ділянці були відмічені присутність інвазійних видів.

Таким чином, на дослідженій ділянці р. Уж можна

зазначити зміну біотопів з перекату до плеса, що підтверджується не тільки зміною умов середовища, а й складом іхтіофауни на цих ділянках: на перекаті переважають реофільні види, а при переході в зоні екотону на плесо відбувається зміна складу рибних угруповань у бік лімнофільних видів.

Список літератури

1. Мовчан Ю. В. Риби України (визначник-довідник). К.: Золоті Ворота, 2011. 444 с.
2. Червона книга України. Тваринний світ (III вид.). К.: Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.
3. Наказ Міндовкілля № 29 від 19.01.2021 (набрав чинності 12.03.2021) Про затвердження переліків видів тварин, що заносяться до Червоної книги України (тваринний світ), та видів тварин, що виключені з Червоної книги України (тваринний світ). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0260-21#Text> (дата звернення: 15.03.2024).
4. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. (ETS No. 104). URL: <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/104> (дата звернення: 13.03.2024).

УДК 57.081 : 574.64 / 574.522

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНДОКРИННИХ РУЙНІВНИКІВ НА ПРЕСНОВОДНИЙ ЗООПЛАНКТОН (НА ПРИКЛАДІ DAPHNIDAE)

Кудрявцева Д.О., Коновець І.М.

Інститут гідробиології НАН України

E-mail: kudriavtseva90@gmail.com

В останні десятиліття значно зросла стурбованість наукової спільноти стосовно проблеми потрапляння у водні екосистеми забруднювачів, що впливають на роботу ендокринної системи гідробіонтів і людини шляхом порушення синтезу, вивільнення, транспорту, зв'язування та виведення гормонів. Ця група охоплює широкий спектр речовин, включаючи промислові хімічні речовини, фармацевтичні препарати, пестициди та сполуки

природного походження, які були виявлені у різних компонентах водного середовища.

Гіллястовусі ракоподібні мають певні переваги при їхньому використанні як модельних організмів в екотоксикологічних дослідженнях, включаючи оцінку впливу фармацевтичних препаратів та засобів особистої гігієни. Висока чутливість дафній до хімічних речовин різних класів, короткий час статевого дозрівання та швидке розмноження роблять їх зручним тест-об'єктом для виявлення гострої дії та особливостей хронічного впливу. Прозорий екзоскелет дозволяє виявляти морфологічні зміни і фізіологічні реакції, полегшує вивчення сублетальних ефектів, механізмів токсичності на клітинному та молекулярному рівнях. Наявність різних стратегій розмноження представників родини *Daphniidae* дозволяє проводити стандартизовані випробування токсичності хімічних речовин та оцінювати наслідки їхньої дії на популяційному рівні. Оскільки гіллястовусі ракоподібні є одним з ключових компонентів прісноводних екосистем завдяки їхній важливій трофічній ролі, вивчення впливу речовин на ці організми дає уявлення про їхній потенційний вплив на харчові ланцюги та функціонування екосистем [1].

Оцінка впливу потенційних «ендокринних руйнівників» на водні організми потребує розробки та впровадження надійних методів. Традиційні методи включають: 1) дослідження репродуктивних порушень, які виникають внаслідок впливу на гормональні сигнальні шляхи, що призводить до зниження плодючості та/або переключення стратегій розмноження; 2) визначення затримки розвитку ювенільних стадій та статевого дозрівання, що позначається на зниженні швидкості росту популяції; 3) опис морфологічних аномалій (деформації антенул, придатків, карапакса та репродуктивних органів, що може порушувати пересування, харчування та розмноження; 4) дослідження періодичності линяння, яка пов'язана з продукуванням та вивільненням гормонів линьки; 5) реєстрацію виживання та смертності на різних життєвих стадіях; 6) дослідження поведінкових змін, зокрема поведінку при пошуку їжі та стратегії уникнення хижаків [2]. Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) надає кілька методик з

оцінки хімічної токсичності для водних організмів, у тому числі рекомендації ОЕСР 211 (Випробування на розмноження *Daphnia magna*), де описано процедуру оцінки впливу речовин на розмноження та виживання протягом 21-денного періоду; рекомендації ОЕСР 202 (*Daphnia sp.* Тест на гостру іммобілізацію), де описано процедуру короткострокового аналізу токсичності речовин на основі іммобілізації); рекомендації ОЕСР 230 (21-денний аналіз риби: короткостроковий скринінг естрогенної та андрогенної активності та інгібування ароматази), аналіз оцінює ендокринну активність речовин для риб, доповнюючи дані, отримані під час досліджень на безхребетних [3].

Проте сучасна оцінка впливу ендокринно-активних речовин на водні організми потребує комплексного підходу, що поєднує різні методології оцінки фізіологічних, поведінкових змін у поєднанні з хімічними (методи РХ/МС, ГХ/МС) та молекулярно-генетичними дослідженнями (дослідження гено- та цитотоксичності: пошкодження ДНК, утворення мікроядер тощо), вивчення імунологічних розладів (кількість гемокитів, фагоцитарна активність, активність лізоциму та експресія генів, пов'язаних з імунітетом). Прогрес сучасних молекулярних методів дозволяє використовувати у якості біомаркерів впливу фармацевтичних препаратів та ендокринних руйнівників в організмах гідробіонтів такі показники як зміни в експресії певних генів. На вплив ендокринних руйнівників можуть вказувати зміни у рівнях репродуктивних гормонів або гормонів стресу. Біомаркерами впливу фармацевтичних препаратів та ендокринних руйнівників також можуть бути зміни активності деяких ферментів, що беруть участь у їх детоксикації та метаболізмі (наприклад, цитохрому Р450 або глутатіон-S-трансфераз). Вплив фармацевтичних препаратів та ендокринних руйнівників може спричинити окислювальний стрес у водних організмів, що призводить до утворення активних форм кисню та пошкодження клітинних компонентів, таких як ліпіди, білки та ДНК. Біомаркери окисного стресу, такі як активність антиоксидантних ферментів (наприклад, супероксиддисмутази, каталази) або рівні продуктів окисного пошкодження (наприклад, продуктів перекисного окиснення ліпідів), можна

використовувати для оцінки реакції на окисний стрес [4].

Важливим також є дослідження продуктів трансформації та синергічних взаємодій цих речовин, оскільки метаболіти можуть бути стійкішими або токсичнішими, ніж вихідні сполуки. Методи аналізу експериментальних даних мають враховувати складну природу механізмів дії, включаючи непряму залежність між дозами речовин і тест-функціями [5].

Таким чином, одна з основних проблем при дослідженні впливу ендокринних руйнівників на гідробионтів полягає у складності сумішей цих речовин, що утворюються у навколишньому середовищі в результаті антропогенної діяльності. Це ускладнює встановлення причинно-наслідкових зв'язків між ефектами, що спостерігаються, і наявністю певних хімічних речовин. Потрібно зазначити, що базові методи опрацювання побутових стічних вод, які використовуються на переважній більшості станцій очищення, не спроможні остаточно видаляти ці речовини. Отже у невеликих кількостях вони постійно потрапляють у водойми. Існує потреба у розробці чіткого регламенту (керівних документів та протоколів) для регулювання поведінки з ендокринно-активними речовинами.

Список літератури

1. Harris K.D., Bartlett N.J., Lloyd V.K. *Daphnia* as an emerging epigenetic model organism. *Genet Res Int.* 2012. Art. 147892.
2. Jemec A., Tišler T., Erjavec B., Pintar A. Antioxidant responses and whole-organism changes in *Daphnia magna* acutely and chronically exposed to endocrine disruptor bisphenol A. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2012. Vol. 86. P. 213–218.
3. OECD. Guidance document on good in vitro method practices. OECD Series on Testing and Assessment. 2018. No. 286. OECD Publishing, Paris.
4. Scholz S., Renner P., Belanger S.E. et al. Alternatives to in vivo tests to detect endocrine disrupting chemicals (EDCs) in fish and amphibians – screening for estrogen, androgen and thyroid hormone disruption. *Crit Rev Toxicol.* 2013 Vol. 43. P. 45–72.
5. Tijani J.O., Fatoba O.O., Petrik, L.F. A review of pharmaceuticals and endocrine-disrupting compounds: sources, effects, removal, and detections. *Water Air Soil Pollut.* 2013. Vol. 224. P.1–29.

УДК 581.526.323 (262.5)

**ВИКОРИСТАННЯ АЛЬГОСИСТЕМИ «БАЗИФІТ-ЕПІФІТ»
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОРСЬКИХ
ПРИБЕРЕЖНИХ ЕКОСИСТЕМ**

Калашнік К.С.

ДУ «Інститут морської біології НАН України»

E-mail: kalashnik.eka@gmail.com

Важливим етапом розвитку національного моніторингу морських прибережних екосистем є пошук нових біологічних індикаторів, уніфікація методів оцінки та підвищення точності прогнозування їхнього екологічного стану. Ратифікація Україною Водної рамкової директиви та Морської стратегії ЄС надала новий поштовх для розробки нових індикаторів водної рослинності для оцінки стану водних екосистем, їх ранжування і надання їм статусів залежно від їхнього екологічного стану.

Закріплені форми водної рослинності (фітобентос) не залежать від руху водних мас й інтегрально відображають динаміку умов у водному середовищі, що дає практичну перевагу при проведенні моніторингу, пов'язаного з оцінкою стану конкретної акваторії. Саме тому фітобентос відповідно до Європейських водних директив розглядається як біологічний елемент якості.

Для визначення стану водойм використовують макро- і мікрокомпоненти фітобентосу, кожен з яких реагує на евтрофування й антропогенне навантаження та є чутливим індикатором зміни екологічної ситуації у водоймі. Використовуючи структурні і функціональні показники макро- і мікрофітобентосу, розроблені індекси та індикатори, за допомогою яких визначається екологічний статус клас морських і прісноводних екосистем [3, 4]. Важливою складовою мікрофітобентосу є мікроепіфітон, якому належить провідна роль в індикації зміни якості води, оскільки він відрізняється високою чутливістю до вмісту різних забруднюючих речовин, фіксований в просторі, достовірно відображає екологічну ситуацію саме в тій точці, в якій проводиться дослідження [1].

Найбільш точні результати у визначенні екологічного стану водойм може дати аналіз структури угруповання, а не окремих

видів. У зв'язку з цим альгосистема «базифіт-епіфіт», яка складається з багатоклітинних макрофітів і одноклітинних водоростей-епіфітів, використовується як біологічний елемент якості, підвищена чутливість якого визначається співвідношенням розвитку його макро- і мікрокомпонента. В альгосистемі присутні компоненти з різною екологічною активністю, показники яких дозволяють інтегрально оцінити інтенсивність автотрофного процесу в бенталі водної екосистеми, враховуючи внесок коротко- і довгоциклічних видів.

Для визначення екологічного стану морських прибережних екосистем за показниками альгосистеми «базифіт-епіфіт» використовують індикатори – покриття базифіта епіфітами ($P_{(б/е)}$, %) і співвідношення активної поверхні базифіта та його епіфітів ($ПП_б/ПП_е$) [2]. Індикатор $P_{(б/е)}$ залежить від сезонних змін розвитку мікроепіфітона, що може знижувати його точність, але він показовий при просторовій оцінці водойм з різним антропогенним навантаженням. Альгоіндикатор $P_{(б/е)}$ є класичним структурним показником, який простий у визначенні й використовується для експрес-діагностики визначення екологічного стану морських прибережних екосистем. Співвідношення $ПП_б/ПП_е$ – цілісний та чутливий індикатор стану акваторій: залежить від інтенсивності розвитку макро- і мікроскладових альгосистеми і може використовуватися цілорічно, не втрачаючи достовірності.

Для більш достовірного моніторингу морських прибережних екосистем є доцільним поєднання запропонованих індикаторів альгосистеми «базифіт-епіфіт» ($P_{(б/е)}$, $ПП_б/ПП_е$), що пов'язано з функціональними відгуками двох компонентів альгосистеми, які мають різну екологічну активність та отримують переваги розвитку в захищених чи антропогенно навантажених екосистемах.

Індикатори альгосистеми дозволяють визначити ступінь антропогенного навантаження на водні об'єкти і за ними можна провести узагальнену оцінку їхнього екологічного статусу за п'ятьма класами (відповідно – «Відмінний», «Добрий», «Задовільний», «Поганий», «Дуже поганий»).

За значеннями індикаторів $P_{(б/е)}$ і $ПП_б/ПП_е$ визначено сучасний екологічний статус клас водних об'єктів північно-

західної частини Чорного моря. Встановлено, що Ягорлицька та Тендрівська затоки мають найвищий статус клас «Відмінний» ($P_{(б/е)}=2-3\%$, $П_б/П_е=20-26$ од.), що відповідає референтному стану. Одеська затока має категорію «Задовільний» ($P_{(б/е)}=47\%$, $П_б/П_е=4,61$ од.). Найгірша екологічна ситуація спостерігається в Хаджибейському лимані, який має статус клас «Дуже поганий» ($P_{(б/е)}=80\%$, $П_б/П_е=0,25$ од.).

Наведені показники альгосистеми «базифіт-епіфіт» ($P_{(б/е)}$, $П_б/П_е$) також розглядаються як індикатори процесів відновлення (ІВ) та деградації (ІД). Показник $P_{(б/е)}$ є індикатором відновлення, коли його значення не перевищують 25 % покриття талому макроводорості (базифіта) мікроводоростями (епіфітами). Значення $P_{(б/е)}$ від 50 % до 100 % є індикатором деградації. Показник $П_б/П_е$ є індикатором відновлення, коли його значення більші одиниці, якщо його значення менші за одиницю і наближуються до нуля, то тоді він є індикатором деградації.

Для прогнозування перебудови альгосистеми «базифіт-епіфіт» залежно від змін умов навколишнього середовища (антропогенне навантаження, кліматичні аномалії) доцільно користуватися контактними індикаторами, які відображають стан компонентів альгосистеми в певних умовах. В якості контактного індикатора використовується показник “внесок епіфітного компонента” (C_e , %) – внесок у поверхню альгосистеми епіфітного компонента, виражений у відсотках. Встановлено, що в акваторіях з підвищеною трофністю (природною або антропогенною) вклад епіфітного високофункціонального компонента в поверхню альгосистеми становить від 50 до 95%.

Альгосистема «базифіт-епіфіт» – новий біологічний елемент якості для моніторингу морських прибережних екосистем, який характеризується високою інформативністю й репрезентативністю і відповідає вимогам Європейських Водних Директив. Індикатори альгосистеми «базифіт-епіфіт» ($P_{(б/е)}$, $П_б/П_е$, C_e) використовуються при кількісній оцінці антропогенного впливу на водні об'єкти, що дозволяє визначити їхній екологічний статус клас. Результати експертної оцінки за цими показниками можуть бути використані для розробки практичних рекомендацій для досягнення доброго екологічного стану водних об'єктів та окремих акваторій, що є кінцевою

метою Морської стратегії ЄС.

Список літератури

1. Щербак В. І., Семенюк Н. Є., Майстрова Н. В. Адаптація методів оцінки екологічного стану водойм мегаполісів України за фітопланктоном і фітомікроепіфітоном відповідно до Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС. Доповіді НАН України. 2009. № 10. С. 206–211.
2. Kalashnik E. S. Indices of the basiphyte–epiphyte algal system as indicators of the ecological status of marine coastal ecosystems. *International Journal on Algae (IJA)*. 2018. 20 (3). P. 265–276.
3. Minicheva G. G. Use of the macrophytes morphofunctional parameters to assess ecological status class in accordance with the EU WFD. *Морський екологічний журнал*. 2013. Vol. XII, no. 3. P. 5–21.
4. Oksiyuk O. P., Davydov O. A., Karpezo Yu. I. Microphytobenthos as bioindicator of the state of aquatic ecosystems. *Hydrobiological Journal*. 2011. 47 (1). P. 72–85.

УДК 574.52(262.5.05)

**СУЧАСНИЙ СТАН УГРУПОВАННЯ ФІТОПЛАНКТОНУ
ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ (2021 – 2022 рр.)**

Ніконова С.Є.

Державна установа «Інститут морської біології» НАН України
E-mail niconova.svet@gmail.com

Тилігульський лиман (ТЛ) відноситься до закритих лиманів північного Причорномор'я, який від моря відокремлюється широким піщаним пересипом (3,5 км), в якому розташовано канал, що періодично зв'язує лиман з морем. Кліматичні зміни та вплив антропогенних факторів на екосистему лиману призводять до значних змін гідрохімічних параметрів, насамперед до підвищення солоності води. У першій декаді століття солоність знаходилась в межах від 17 до 21‰ [3]. За останні 20 років солоність зросла на 10‰, й під час нашого дослідження коливання солоності знаходилась в межах від 27‰ до 32‰ (дані по солоності люб'язно надала к.г.н. ІМБ Богатова Ю.І.).

Метою роботи було виявлення змін видового складу

фітопланктону ТЛ в умовах зростання солоності води та особливості його угруповань на сучасному етапі. Матеріалом даної роботи є 69 кількісних проб фітопланктону, зібраних під час трьох основних зйомок (травень, жовтень 2021 р. і вересень 2022 р.) на 5 розрізах від верхів'я до південній частині ТЛ, і двох додаткових зйомок (вересень 2021 р. і серпень 2022 р.) у середній частині лиману.

У дослідженнях, проведених у 2001–2015 рр., було виявлено, що основу видового складу представляли діатомові водорості, які разом із ціанопрокаріотами переважали за чисельністю, але за певних умов відзначалися спалахи чисельності динофлагелят [1, 2, 3]. В результаті наших досліджень було знайдено й ідентифіковано 109 видів водоростей, майже половину яких складали Dinophyceae (51 вид). Bacillariophyceae були представлені 30 видами. Також було зареєстровано Cyanophyceae (14), Euglenoidea (3), Chlorophyta (6), Ochrophyta (2) і Haptophyta (1 вид). Значна частина видів (33 види) наведена для ТЛ вперше: 3 види Bacillariophyta (*Diploneis subovalis* Cleve, *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström, *Rhizosolenia setigera* Brightwell); 23 види Dinoflagellata (*Akashiwo sanguinea* (K.Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup, *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech, *Amphidoma languida* Tillmann, Salas & Elbrächter, *Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann, *Dinophysis baltica* (Paulsen) Kofoid & Skogsberg, *Dinophysis fortii* Pavillard, *Dinophysis sacculus* F.Stein, *Gonyaulax cochlea* Meunier, *Gonyaulax minima* Matzenauer, *Gonyaulax spinifera* (Claparède & Lachmann) Diesing, *Lingulodinium polyedra* (F.Stein) J.D.Dodge, *Pentapharsodinium cf. tyrrhenicum* (Balech) Montresor, Zingone & Marino, *Peridinium quadridentatum* (F.Stein) Gert Hansen, *Prorocentrum cf. balticum* (Lohmann) Loeblich III, *Prorocentrum compressum* (Bailey) T.H.Abé ex J.D.Dodge, *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F.Stein, *Protoperidinium brevipes* (Paulsen, 1908) Balech, *Protoperidinium divergens* (Ehrenberg) Balech, *Protoperidinium globulus* (Stein, 1883) Balech, *Protoperidinium granii* (Ostenfeld) Balech, *Scrippsiella acuminata* (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S.Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, *Tripos berghii* (Gourret) F.Gómez, *Tripos fusus* (Ehrenberg) F.Gómez); 3 види Cyanobacteria (*Jaaginema angustissimum* (West & G.S.West) Anagnostidis & Komárek,

Kamptonema chlorinum (Kützing ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda, *Kamptonema laetevirens* (H.M.Crouan & P.L.Crouan ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda); 2 види Chlorophyta (*Monoraphidium* cf. *komarkovae* Nygaard, *Pseudoschroederia* cf. *robusta* (Korshikov) E.Hegewald & E.Schnepf); по одному виду Ochrophyta (*Ollicola vangoorii* (W.Conrad) Vørs) і Haptophyta (*Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud) Deflandre).

За період дослідження в акваторії ТЛ «цвітіння» води викликали неідентифікований вид пікопланктону та 6 видів мікроводоростей. Пікопланктон навесні 2021 р. у верхів'ї лиману сягав чисельності 620,18 млн. кл. · л⁻¹ (біомаса 1,21 мг · л⁻¹), іншими видами були *Prorocentrum micans* (біомаса 20,43 мг · л⁻¹), *P. lima* (1,07 мг · л⁻¹), *Euglena* cf. *hemichromata* (5,55 мг · л⁻¹), *Euglena* cf. *granulata* (1,52 мг · л⁻¹), *P. alata* (2,67 мг · л⁻¹) і *Chaetoceros affinis* (1,07 мг · л⁻¹). Види, які раніше вказувалися як масові та викликали «цвітіння» [3], за період спостереження виявлені не були.

Угрупування фітопланктону формувалось на більшості станцій за рахунок значного домінування одного з великих таксонів. У північній частині у ролі домінантів виступали поперемінно динофлагеляти та евгленові водорості, складаючи від 86 до 100% чисельності. У середній та південній частині ТЛ при більш різноманітному видовому складі динофлагеляти були домінуючим таксоном 45% проб (їх частка в цих пробах у середньому склала 92,6% і нерідко досягала 100% чисельності). Домінування діатомових водоростей реєструвалося в 29,5% проб, де становило в середньому 83,1% чисельності фітопланктону; переважання евгленових відзначалося в 15,9% проб, де їх чисельність у середньому становила 90,9%. Таким чином, у видовому складі фітопланктону ТЛ в цілому переважали динофлагеляти (основу чисельності у порядку зменшення їх долі становили *P. micans*, *Prorocentrum cordatum*, *Scrippsiella trochoidea*, *Heterocapsa triquetra*), та евгленові водорості (*E.* cf. *granulata*, *E.* cf. *hemichromata*). Для багатьох представників цих таксонів властиве міксотрофне харчування, тому для угрупування фітопланктону в цілому характерне переважання міксотрофного компоненту. Крім того, в екосистемі ТЛ виявлено 8 видів динофлагелят, здатних за певних умов продукувати токсини, дія яких може інгібувати розвиток видів-конкурентів і харчову

активність зоопланктону, що живиться мікроводоростями. До потенційно-токсичних видів відноситься *P. cordatum* – вид, що є субдомінантом або домінантом в різних районах акваторії лиману і здатний досягати значно високої чисельності (максимальна чисельність у серпні 2022 р. – до 0,11 млн. кл. · л⁻¹).

Переважає міксотрофного компонента в угрупованні фітопланктону відбуваються зазвичай в умовах значного відхилення у водному середовищі співвідношення Редфілда від оптимального. При рівні співвідношення N:P менше 4.4:1 розвиток планктонних організмів лімітується азотом, внаслідок чого перевагу набувають види, здатні використовувати крім розчинних мінеральних форм інші джерела поживних речовин [4]. Дослідження, проведене в окремі роки з 2001 по 2011 рр. [1], показали, що значення співвідношення N:P у ТЛ варіювали від 0,05 до 0,30 для мінеральних і від 1,04 до 8,20 для валових форм азоту та фосфору. Можливо, спалахи розвитку видів з міксотрофним типом харчування в попередні роки відбувалися саме в період дефіциту азоту за рахунок низького співвідношення N:P, а на сучасному етапі подібна тенденція у співвідношенні основних елементів мінерального живлення зберіглася і посилилася, що призвело до переважання міксотрофних груп у фітопланктоні, зареєстроване в останній час.

Список літератури

5. Зотов А. Б. , Богатова Ю. И. Влияние изменчивости содержания биогенных веществ на структуру фитопланктона Тилигульского лимана в весенне-летний период.// Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія, Вип. 32, 2012. С. 24-34.
6. Снігірєва А.О., Богатова Ю.І. Фітопланктон Тилигульського лиману в умовах зміни режиму солоності. //Морський екологічний журнал. 2020. № 2. С. 31 – 38.
7. Теренько Л.М. Планктонные микроводоросли Тилигульского лимана. //Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. Зб. наук, праць. Севастополь, 2005. Вип.12. С. 622 – 631.
8. Glibert P.M., Burkholder J. M. Harmful algal blooms and eutrophication: “strategies” for nutrient uptake and growth outside the Redfield comfort zone. Chinese Journal of

УДК: 581.5:581.52:582

**ЕКОБІОМОРФОЛОГІЧНІ ГРУПИ ПРІСНОВОДНИХ
ПОКРИТОНАСІННИХ ГІДРОФІТІВ УКРАЇНИ**

Погорєлова М.С.

Інститут гідробиології НАН України

E-mail: chertkovams1988@gmail.com

Поняття «гідрофіти» вперше було вжито давньогрецьким філософом Теофрастом, який розумів під цим терміном рослини, які були повністю занурені у воду. З того часу тривають аргументовані дискусії з приводу того, які саме рослини відносити до гідрофітів, адже вони володіють високою мінливістю і можуть суттєво змінювати свій габітус внаслідок зміни рівня води або висихання частини водойми. Ми розуміємо під гідрофітами рослини, які дуже тісно пов'язані з водним середовищем: повністю або частково занурені, або плаваючі на поверхні води, часто отримують поживні речовини без допомоги кореневої системи, не мають продохів або їх кількість знижена, часто мають слабкорозвинену механічну тканину (до них відносимо також ті види, які мають окрему водну форму з усіма перерахованими ознаками та наземну, з пристосуваннями до наземного способу життя).

Створення класифікаційних схем гідрофітів, покликане краще зрозуміти та описати структуру угруповань, дослідити закономірності розповсюдження та взаємодії між гідробіонтами, також є дискусійним і історично базувалося на різних ознаках, наприклад: розташуванні бруньок відтворення (система Раункієра), положенні відносно водного дзеркала та екоциклів водного середовища (Пенфаунд запропонував поділ на занурені, повітряно-водні та плаваючі; Гейне С. та Дубина Д.В. запропонували подібний поділ але іншою термінологією еугідатофіти, аерогідатофіти та плейстофіти), сукупності морфологічних ознак (Ден Хартог запропонував поділ на 11 груп ізоетиди, елодеїди тощо) та інші[1,3]. Однак у всіх цих систем є недоліки, які полягають в тому, що деякі види можна віднести оразу до декількох категорій, а інколи види можуть змінювати свою приналежність до групи в різні сезони або екоцикли

водного середовища.

Нами пропонується класифікаційна система гідрофітів на основі екобіоморф. Під цим терміном розуміємо групу видів з подібною морфологією та екологією [2]. Види об'єднані в групи в першу чергу за морфологічною будовою вегетативних органів, оскільки генеративні органи у водних рослин можна спостерігати доволі рідко. В даній роботі враховані тільки покритонасінні гідрофіти, хоча до гідрофітів можна також віднести представників інших судинних рослин, мохів та водоростей, однак оскільки їх будова дещо відрізняються, на нашу думку їх варто розглядати окремо.

Покритонасінні гідрофіти України нами були поділені на 3 групи: з повноцінним стеблом та суцільними листками; з повноцінним стеблом та розсіченими листками; розеточні, без добре вираженого стебла. Кожна з цих груп поділяється на підгрупи також за морфологічними ознаками, однак отримані підгрупи також надають перевагу подібним місцезростанням.

Рослини з повноцінним стеблом та суцільними листками ми розділяємо на три підгрупи: рослини з черговим або супротивним листкорозміщенням та більш-менш широкими листками (до неї відносяться широколисті рдесники *Potamogeton natans* L., *P. perfoliatus* L. та виринниці *Callitriche hermafroditica* L., *C. palustris* L.; для цієї групи характерна гетерофілія для багатьох видів); рослини з черговим або супротивним листкорозміщенням та видовженими вузькими листками (сюди відносимо вузьколисті рдесники та рупієві: *Potamogeton pusillus* L., *Ruppia maritima* L.); рослини з мутовчастим листкорозміщенням (наприклад, *Elodea canadensis* Michx, *Najas marina* L., *Zannichelia palustris* L.).

Рослини з повноцінним стеблом та розсіченими листками також можна розділити на три підгрупи: рослини, що містять ловчі пухирці (до них відносяться пухирники та альдрованда, наприклад *Utricularia vulgaris* L., *Utricularia bremii* Heer, *Aldrovanda vesiculosa* L.); рослини з більш менш однаковими розсіченими листками (*Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L.); різнолисті рослини, у яких хоча б частина листків розсічені (до неї відносяться представники роду *Batrachium*: *Batrachium aquatile* (L.) Dumort., *B. circinatum* (Sibth.) Spach).

Остання група – рослини розеточні (з вкороченим або

невираженим стеблом) також включає в себе 3 підгрупи: з суцільними листками невикорінені (наприклад *Lemna minor* L., *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm); рослини викорінені з широкими листками (прикладі таких рослин: *Nuphar lutea* L., *Nymphaea alba* L.); рослини викорінені з видовженими листками (це такі види як *Vallisneria spiralis* L., *Litorea uniflora* тощо).

Отже, для прісноводних покритонасінних гідрофітів України нами було виділено три групи та дев'ять підгруп, на основі морфологічних та екологічних ознак. Ці групи можна використовувати для аналізу впливу абіотичних та біотичних факторів на водні рослини та вивчення рослинних угруповань. В роботі не розглянуті представники інших таксономічних груп та інших екологічних груп, що пов'язані з водним середовищем (зокрема гелофіти), це потребує подальших досліджень.

Список літератури

1. Sculthorpe C. D. The Biology of Aquatic Vascular Plants. London: Edward Arnold Ltd, 1967. 610 p.
2. Дьяченко Т. Н. К вопросу о жизненных формах у растений (обзор). *Гидробиологический журнал*. 2015. № 6. Т 51. С. 3 – 15.
3. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды/ Дубына Д.В., Гейны С., Грудова З. и др. Киев: Наук. думка, 1993. 436 с.

УДК 582.26/27 (282.247.322)

**СТРУКТУРА УГРУПОВАНЬ ФІТОПЛАНКТОНУ
БАСІВКУТСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

Суходольська І.Л., Грубінко В.В.

Рівненський державний гуманітарний університет
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: iryna.sukhodolska@rshu.edu.ua; v.grubinko@gmail.com

Басівкутське водосховище, яке розташоване в місті Рівне, зазнає посиленого антропогенного тиску, що відображається на всіх компонентах водойми, проте, найпершим цей вплив відчуває первинна ланка – фітопланктон. Реагуючи на зміну середовища власного проживання перебудовою структури угруповання

фітопланктон відображає особливості внутрішньоводоймних процесів та рівень забруднення водосховища.

Відбір проб фітопланктону здійснювали впродовж червня – жовтня 2022 р. на ділянці Басівкутського водосховища (50°36'07.8"N 26°15'01.3"E). Таксономічна номенклатура водоростей представлена відповідно до міжнародного електронного каталогу AlgaeBase [1]. Оцінювання якості води за видами-індикаторами проведено згідно [4; 6]. Сапробіологічна оцінка якості води наведена за методом Пантле-Букк у модифікації Сладечека [5]. Характеристику індикаторних видів здійснено за авторами [4; 6].

У фітопланктоні Басівкутського водосховища виявлено 121 вид водоростей, які представлені 125 внутрішньовидовими таксонами (ввт) з номенклатурним типом виду включно, які належать до 84 родів, 45 родин, 29 порядків, 12 класів та 8 відділів (*Chlorophyta* – 48(50), *Bacillariophyta* – 33(34), *Cyanobacteria* – 16(16), *Euglenozoa* – 15(16), *Miozoa* – 4(4), *Ochrophyta* – 3(3), *Cryptophyta* – 1(1) та *Streptophyta* – 1(1)) [2].

Індекс біологічного різноманіття фітопланктону за біомасою становить 0,62–5,07 біт/мг, а за чисельністю – 2,13–4,50 біт/екз, що свідчить про складність організації угруповання. Загалом, фітопланктон водосховища досить багатий за видовим складом і характеризується полідомінантною структурою (червень-вересень) з переходом до олігодомінантної (жовтень), а основними структуроутворюючими відділами є *Chlorophyta* (40,0% від загальної кількості видів), *Bacillariophyta* (27,2%), *Cyanobacteria* (12,8%) та *Euglenozoa* (12,8%).

Найбільш представлені порядки *Sphaeropleales*, *Euglenales*, *Chlorellales*, *Bacillariales*, *Synechococcales*, *Nostocales*, *Chlamydomonadales*, *Cymbellales*, *Stephanodiscales*, *Naviculales*, *Fragilariales* та *Licmophorales* (від 3 до 34 видів та ввт).

Провідні родини сформовані наступним чином: *Scenedesmaceae* (17 видів), *Bacillariaceae* (8 видів), *Euglenaceae* (8 видів), *Phacaceae* (8 видів), *Hydrodictyaceae* (6 видів), *Selenastraceae* (5 видів), *Chlorellaceae* (5 видів), *Oocystaceae* (4 види), *Stephanodiscaceae* (4 види), *Aphanizomenonaceae* (4 види), *Merismopediaceae* (3 види), *Chlamydomonadaceae* (3 види), *Cymbellaceae* (3 види), *Ulnariaceae* (3 види) та *Naviculaceae* (3

види).

Найбільшим видовим різноманіттям відзначається рід *Bacillariophyta* – *Nitzschia* (7 видів). Серед *Chlorophyta* найбільш представлені роди *Desmodesmus* (6 видів), *Scenedesmus* (4 види) і *Tetradesmus* (3 види). Серед *Euglenozoa* найбільше видове різноманіття мають роди *Phacus* (4 види), *Lepocinclis* (3 види) та *Trachelomonas* (3 види). Рід *Merismopedia* відділу *Cyanobacteria* налічує 3 види.

Чисельність фітопланктону змінюється від 4654 тис. кл/дм³ у червні до 14212 тис. кл/дм³ у серпні. Високою чисельністю вирізняються види відділу *Cyanobacteria* – *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing (10,1%), *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault (10,5–32,2%), *Synechococcus elongatus* (Nägeli) Nägeli (10,7%), *Cuspidothrix issatschenkoi* (Usachev) P.Rajaniemi, Komárek, R.Willame, P. Hrouzek, K.Kastovská, L.Hoffmann & K.Sivonen (11,6–31,2%), *Merismopedia tranquilla* (Ehrenberg) Trevisan (12,2%), *Raphidiopsis setigera* (Aptekarj) Eberly (17,2%), а з відділу *Bacillariophyta* – *Stephanodiscus hantzschii* Grunow (16,9–65,4%).

Біомаса фітопланктону варіює від 0,8732 мг/дм³ у липні до 9,4828 мг/дм³ у жовтні. Високої біомаси досягають види-домінанти з відділу *Cyanobacteria* – *A. flos-aquae* (10,6–12,4%), *C. issatschenkoi* (10,2–14,5%), з відділу *Euglenozoa* – *Trachelomonas woycickii* Koczwara (11,1%) та з відділу *Bacillariophyta* – *Ulnaria acus* (Kützing) Aboal (10,8%), *Nitzschia subtilis* (Kützing) Grunow (10%) та *S. hantzschii* (51,1–92,9%). Домінування за чисельністю та біомасою *S. hantzschii* свідчить про зростання ступеня трофності Басівкутського водосховища восени [2].

Реакція фітопланктону на забруднюючі речовини дозволяє прослідковувати зміни якості води за видовим складом. У водосховищі виявлено 88 видів, які є індикаторами місцезростань. Серед них планктонно-бентосні складають 43%, планктонні – 24%, а бентосні – 9%. 69 видів є індикаторами реофільності і насичення води киснем. Серед них 75% видів-індикаторів повільнотекучих вод з середнім рівнем кисню, 19% складають види стоячих вод з низьким рівнем кисню, 3% – види-індикатори швидкотекучих вод з високим рівнем кисню, 2% – аерофільні види. Індикатори галобності представлені 60 видами.

З них, 85% – прісноводні види індиференти, 10% – галофіли, 3% – мезогалофи, 2% – галофоби. 42 види є індикаторами активної реакції середовища (рН). Серед них 60% – індиференти, 36% – алкаліфіли, 2% – ацидофіли та 2% – алкалібіонти. Видів індикаторів температурного режиму виявлено 22 види. Водорості помірного діапазону (50%) та евритермі (50%) представлені однаково. Серед видів-індикаторів типу живлення та відношення до кількості нітрогеновмісних органічних сполук найбільша кількість автотрофів (52%), що витримують підвищені їх концентрації. Кількість автотрофів, що розвиваються за низької концентрації нітрогеновмісних органічних сполук та облігатних гетеротрофів, які розвиваються у воді з підвищеним їхнім вмістом однакова (по 19%). Також зафіксовано 10% видів факультативних гетеротрофів, які розвиваються у воді за періодичних підвищень концентрації нітрогеновмісних органічних сполук. Видами-індикаторами органічного забруднення є 23 види. З них, 61% становлять еврисапроби, 30% – сапроксени (індикатори чистої води) та 9% – сапрофіли (індикатори забрудненої води). Серед індикаторів трофності заіксовано 33 види. Серед них 30% – мезоевтрофні види, олігомезотрофні та мезотрофні види по 18%, 12% – евтрофні, 9% – широкої амплітуди трофності, а також по 6% – гіпертрофні та оліготрофні [3].

У водосховищі зафіксовано 85 видів-індикаторів сапробності за системою Пантле-Бук у модифікації Сладечека. Серед них 51% становлять види бета-мезосапробіонти, 18% – оліго-альфа-мезосапробіонти, 8% – оліго-бета-мезосапробіонти, 7% – альфа-олігосапробіонти, 5% – олігосапробіонти, 5% – бета-олігосапробіонти, 4% – бета-альфа-мезосапробіонти, 1% – оліго-ксеносапробіонти та 1% – альфа-мезосапробіонти. У Басівкутському водосховищі виявлені види-індикатори чотирьох класів. Найбільш представлені види-індикатори III класу якості води (65%). Види-індикатори II класу якості води становлять 12%. Індикатори I та IV класу якості води складають 1% та 7% [3].

Флористичний спектр планктонних водоростей Басівкутського водосховища формується відділами *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria* та *Euglenozoa*. Впродовж червня-

вересня фітопланктон має полідомінантну структуру. Види-домінанти за чисельністю та біомасою найчастіше представлені видами відділів *Cyanobacteria* та *Bacillariophyta*. У фітопланктоні Басівкутського водосховища переважають планктонно-бентосні (43%) види, повільнотекучі за насиченням води киснем і реофільністю (75%), індиференти за відношенням до галобності (85%) та рН (60%). Найбільший відсоток видів представлений автотрофами, що витримують підвищені концентрації нітрогеновмісних органічних сполук. Серед видів-індикаторів органічного забруднення вод (за системою Ватанабе) найбільше еврисапробів (помірно забруднені води), а за системою Пантле-Бук (в модифікації Сладечека) – бета-мезосапробіонтів. За рівнем органічного забруднення згідно системи Пантле-Бук (в модифікації Сладечека) вода Басівкутського водосховища належить до III класу якості (помірно забруднена).

Список літератури

1. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. 2023. веб-сайт. URL: <https://www.algaebase.org> (дата звернення: 10.01.2023).
2. Суходольська І.Л., Грубінко В.В., Масовець Б.П. Особливості функціонування фітопланктону водойм міських територій (на прикладі Басівкутського водосховища, Україна). Альгологія. 2023. 33(4). С. 278–291. <https://doi.org/10.15407/alg33.04.278>
3. Суходольська І.Л. Оцінка якості води Басівкутського водосховища за видами-індикаторами фітопланктону. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія: Сільськогосподарські науки. 2023. №4 (104). С.169–185. <https://doi.org/10.31713/vs4202314>
4. Barinova S.S., Bilous O.P., Tsarenko P.M. Algal indication of water bodies in Ukraine: methods and perspectives. Haifa, Kiev: University of Haifa Publisher, 2019. 367 p.
5. Sladeček V. System of water quality from the biological point of view. Ergebnisse der Limnol. 1973. V. 7. №1/4. P. 1–218.
6. Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal Aquatic Ecology, 1994. 28.

УДК 628.194:628.11

**ОЧИЩЕННЯ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО СТАВУ ВІД ВАЖКИХ
МЕТАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОВОДОРОСТІ
CHLORELLA VULGARIS**

Чвалюк Г. В., Грубінко В. В., Тиха С.Я.

Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

E-mail: 0986372888g@gmail.com; v.grubinko@gmail.com;
tycha@gmail.com

Водні екосистеми України нині зазнають значного техногенного навантаження. Забруднення та виснаження акваторії прісноводних річок та ставків призводить до погіршення екологічного стану прибережних районів і зниження їх рекреаційного потенціалу [10].

Забруднення води важкими металами спричинене швидкою індустріалізацією та урбанізацією. Видалення іонів важких металів з природної води має першочергове значення для чистого навколишнього середовища та здоров'я людини, оскільки метали як правило токсичні та канцерогенні. Адсорбція є одним із найефективніших засобів очищення забруднених вод. Процес адсорбції має такі переваги, як доступність, низька вартість і екологічність [12].

Актуальними є дослідження, що пов'язані з вивченням реактивності та самопідтримання угруповань гідробіонтів, які забезпечують продуктивність і пластичність гідроекосистеми, її стійкість до забруднення та самоочищуючу здатність. Такі дослідження з одного боку дозволяють прогнозувати можливі наслідки забруднень, а з іншого – моделювати сукцесії та планувати заходи щодо відновлення природного статусу гідроекосистеми, оскільки саме в умовах стійкості водойм ефективно підтримують якість води та рекреаційний і ресурсогосподарський потенціал [9].

Насамперед актуальними є дослідження, пов'язані з видаленням та очищенням води від важких металів екологічними методами, а саме за допомогою мікробіодоростей,

наприклад зеленої *Chlorella vulgaris*.

Важкі метали потрапляють у воду р. Серет, а далі – у став, насамперед, з ґрунту, де нагромаджуються при надмірному застосуванні різних агрохімікатів, органічних добрив і змивів з полів у сільському господарстві та прибережних населених пунктів. У процесі їх взаємоперетворень (комплексоутворення, гідролізу, осадження, нітрифікації, денітрифікації) утворюються шкідливі для природного середовища і людини сполуки важких металів (ВМ), нітрати, нітрити і сполуки аміаку. Додатковим джерелом забруднення ними води є побутові стоки, що містять важкі метали, рештки білкових речовин, амінокислоти (ці органічні речовини містять в своєму складі азот) у суміші з іншими хімічно активними сполуками (кислотами, жирами). Контролюючі служби виявили надходження таких стоків у Тернопільський став через зливні дощові колектори з берегової зони житлового сектору [6].

Очевидно, що вода, яка надходить у став, привносить до нього різноманітні забруднення. З атмосферними опадами у водойму потрапляють токсиканти, що викидаються в повітря промисловими підприємствами, котельнями міста та транспортом. Найчастіше це: оксиди сірки, азоту, фосфору, карбону; свинець; органічні речовини; особливо сполуки важких металів.

Встановлено, що сучасний видовий склад фітопланктону Тернопільського водосховища включає 8 відділів: Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Xantophyta, Dinophyta, Cryptophyta. Провідна роль належить відділу Chlorophyta, оскільки, зокрема порядок Clorococcales, інтенсивно вегетує, унаслідок прогрівання водних мас та незначного водообміну [8].

Для аналізу хімічного забруднення води важкими металами ми обрали ряд мікроелементів-важких металів і провели порівняльний аналіз їх вмісту у різних ситуаціях, з допомогою чого можна оцінити надходження, трансформацію і накопичення забруднюючих агентів.

У вересні 2024 року нами було проведено дослідження з визначення коефіцієнту накопичення та кількості акумуляованих важких металів у клітинах зелених мікроводоростей *Chlorella*

vulgaris.

Інтенсивність надходження ВМ у клітини водоростей залежить від біологічних особливостей фітопланктону, виду металу та сезонних гідрохімічних чинників [8].

На основі порівняльного аналізу даних, проведених в процесі досліджень нативної води ставу та гранично допустимих концентрацій згідно нормативів ДСТУ вмісту важких металів у воді ставу, питної води в Україні та фасованої води з пунктів розливу та бюветів було складено таблицю (таблиця 1).

Таблиця 1

Важкі метали	Вміст металів у хлорелі (висушені і знезолені водорості), мг/дм ³ [1]	Вміст металів у воді ставу, ГДК, мг/дм ³ , [2]	Вміст металів у воді ставу в точці забору, мг/дм ³ , [4]	Норми вмісту металів у питній воді в Україні, ГДК, мг/дм ³ , [5]	Вміст металів у питній воді фасованої, з пунктів розливу та бюветів ГДК, мл/дм ³ , [3]	Коефіцієнт накопичення ВМ у хлорелі порівняно з водою ставу
Mg	46,5	40	10,13	0	80	4,59
Cd	0,001	0,001	0,0005	0,001	0,001	2
Co	0,003	0,1	0,002	0,1	0,1	1,5
Cu	1,295	1	0,15	1	1	8,63
Pb	0,115	0,03	0,01	0,03	0,01	11,5
Ni	0,32	0,1	0,0008	0,02	0,02	400
Mn	7,15	0,1	0,0002	0,5	0,05	35750
Zn	50,5	1	0,0005	5	1	101000
Fe	36,25	0,3	0,002	1	0,2	18125

Згідно з даними досліджень (рис. 1) видно, що найбільше накопичення у клітинах зеленої мікроводорості відбулося магнію, цинку та заліза, а найменше – кадмію, кобальту і нікелю.

Відхилення від ГДК у воді ставу становлять показники таких важких металів як магній, цинк, ферум.

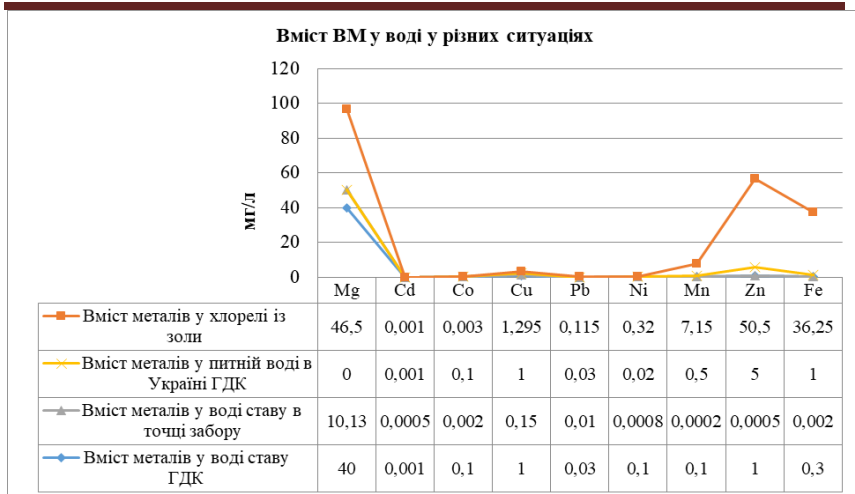


Рис. 1 Вміст важких металів у різних ситуаціях

Гідробіонти здатні накопичувати в організмі забруднюючі речовини, які знаходяться у воді. При цьому коефіцієнт їх накопичення може зростати порівняно з водою у тисячі – десятки тисяч і більше разів (рис. 2 а, б). Таке явище отримало назву біоаккумуляція або біоконцентрування. Накопичення забруднюючих речовин у гідробіонтів зростає при проходженні по трофічних ланцюгах [9]. Для кращої наочності ми розділили важкі метали за величиною порядків коефіцієнту накопичення на 2 рисунки, де у магнію, кадмію, кобальту, купруму, свинцю коефіцієнт накопичення ВМ становить від одиниць, до десятків разів, зокрема свинець акумуляував у 11,5 разів, тоді як кобальт лише 1,5 рази. А метали нікель, манган, цинк та ферум здатні накопичуватись проти градієнту концентрації у сотні разів. Зокрема коефіцієнт накопичення нікелю у хлорелі становив 400 разів, а ось цинку аж 101 тисяча порівняно з вмістом металу у воді.

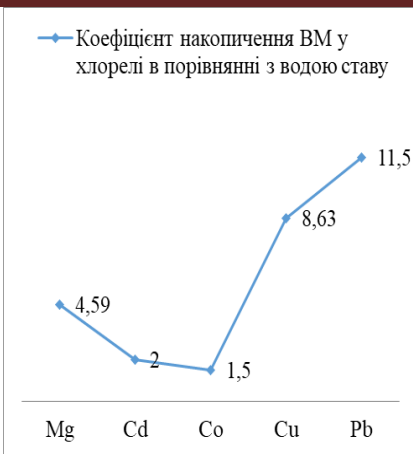


Рис. 2 а) Коефіцієнт накопичення важких металів у хлорелі порівняно з водою ставу, що вимірюється в одиницях



Рис. 2 б) Коефіцієнт накопичення важких металів у хлорелі порівняно з водою ставу, що вимірюється в сотнях і тисячах

Коефіцієнт накопичення = $\frac{\text{Вміст металів у водоростях озолених клітин хлорелі, мг/дм}^3}{\text{Вміст металів у воді ставу в точці забору, мг/дм}^3}$

Інтенсивний розвиток фітопланктону у водоймах супроводжується підвищенням показника рН середовища, що зумовлює гідратацію і випадання розчинених форм Fe і Mn, що раніше знаходилися у воді. Як відомо, гідроксиди цих металів є добрими сорбентами для Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Cd та інших металів. Тому “цвітіння водойм” призводить до зменшення маси біологічно доступних форм мікроелементів у воді і переведення їх в осади. Саме з цим пов’язана парадоксальна, на перший погляд, обставина – більший вміст мікроелементів (Fe, Zn, Cu, Cd, Ni, Co) у фітопланктоні під час першого спалаху його розвитку, ніж у період наступного і, згодом, зниження інтенсивності фотосинтезу [9].

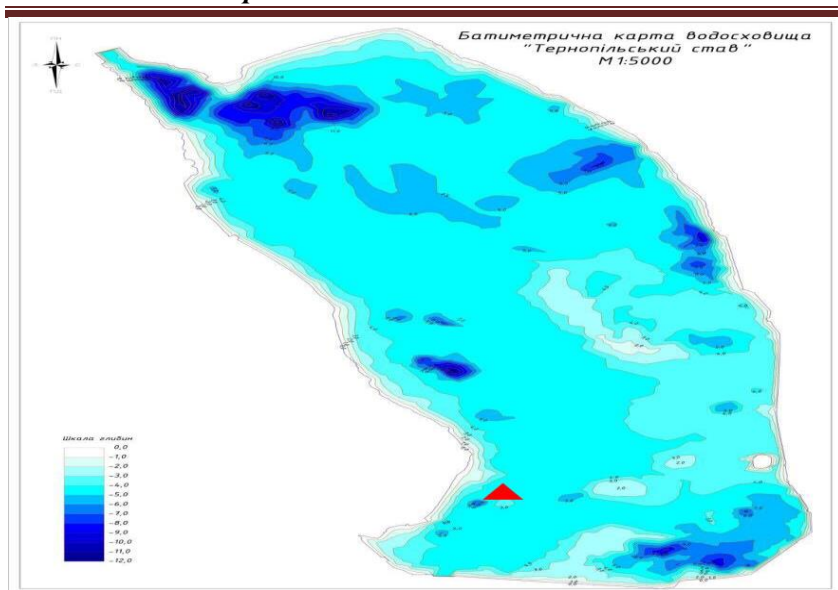


Рис. 3 Точка забору води для проведення досліджень

Концентрація ВМ (крім Co , Pb) зростає у вересні (рис. 2 а). З зниженням температури повітря і води восени починають відмирати макрофіти, в екосистемі зменшується біомаса. Рослини, поглинувши деяку кількість ВМ, за течією води опускаються в нижні ділянки водойми і там, відмираючи, викликають вторинне забруднення води, віддаючи їй ВМ, біогенні елементи та органічні речовини. Уміст Co і Pb восени зменшився. Свинець (рис. 2 а) у вересні акумулювався в інших елементах середовища (прибережний мул, ґрунти). Кобальт, як відомо, належить до числа найбільш важливих біологічно-активних речовин. Тому можна передбачити, що упродовж весни, літа та осені сполуки кобальту були використані водною біотою (рис. 2 а).

Восени, коли встановлюється сезонна гомотермія, як і під час весняної гомотермії, створюються умови і для вертикального динамічного перемішування, вода і придонні шари поновлюються. Це також сприяє підвищенню концентрацій важких металів у воді.

Зі зниженням температури води з'являються холодноводні види діатомових – *Melosira*, *Diatoma*. У цей час вегетують також і

синьо-зелені водорості. Зрозуміло, що вегетація у період осені не така активна, як влітку, тому концентрація Co, Pb, Cd у вересні зменшується (рис. 1). Під кінець осені концентрація ВМ у воді збільшується, що можна пояснити тим, що адсорбція швидкоростучими молодими культурами в цілому слабша, ніж «старими» культурами (найбільше таких у серпні та листопаді).

Згідно з попередніми дослідженнями кількісне співвідношення ВМ металів у воді можна подати рядами:

квітень – Pd<Cd<Cu<Co;
травень – Pb<Cd<Co<Cu;
липень – Cd<Cu<Co<Pb;
серпень – Cd<Cu<Co<Pb;
вересень – Cd<Co<Pb<Cu;
листопад – Co<Cd<Cu<Pb;
лютий – Cd<Co<Cu<Pb [6].

Водорості можуть накопичувати ВМ до таких кількостей, що на декілька порядків перевищують їх вміст у воді. Активно накопичуючи ВМ, водорості можуть впливати на розподіл їх у трофічному ланцюзі, і на вертикальний та горизонтальний транспорт по акваторії.

Процес адсорбції ВМ на завислих речовинах має виключно важливе екологічне значення, виступаючи, з одного боку, як фактором концентрування токсикантів, а з іншого – показником самоочищення водойми. Адсорбція металів завислими речовинами водойми і осадження в донні відклади призводить до зниження токсичності води.

До числа факторів гідрохімічної природи, що впливають на характер накопичення ряду металів у гідробіонтах, потрібно також віднести концентрування деяких мікроелементів і їх включення у метаболічні процеси разом із залізом [9].

Згідно з даними роботи [15], в клітинах водоростей одночасно протікають два процеси: надходження металів, можливо, прямо пропорційне їх концентрацій в розчині, і виведенні металів, що зростає при підвищенні їх концентрацій в організмі. Отже, вміст металів у водоростях можна розглядати як результат протилежних процесів – накопичення і виведення. Утримання Cd рослинними клітинами складає в середньому тиждень.

Залізо присутнє в досить високій концентрації у воді (0,19 мг/дм³), утворюючи нерозчинні продукти гідролізу (зазвичай гідроксид заліза), адсорбує багато мікроелементів групи важких і перехідних металів, насамперед кобальт. Саме з цим, на наш погляд, можна пов'язати інтенсивне накопичення у фітопланктоні деяких мікроелементів, а також значну кореляцію між вмістом металів у гідробіонтах із концентрацією заліза у воді. Це і свідчить про істотну роль геохімічних (фізико-хімічних) чинників у біологічній акумуляції мікроелементів.

Значні кількості мікроелементів під час активного розвитку фітопланктону (влітку) утилізуються ним, а із відмиранням водоростей вони знову повертаються у воду. Спостерігається своєрідний колообіг мікроелементів у системі “водойма – фітопланктон – водойма”.

Загалом, водорості, активно накопичуючи та перерозподіляючи ВМ у трофічному ланцюзі гідроекосистеми, частково очищують воду. У зв'язку з цим природні популяції фітопланктону з успіхом можуть бути використані як індикатори накопичення токсичних речовин для контролю рівня забруднення поверхневих вод та проведення заходів з санітарного очищення води.

Отже, найбільш важливими складовими водного середовища перерозподілу важких металів є водорості. Вода ж є середовищем, яке зв'язує складові екосистеми, де йони металів та їхні сполуки перебувають невеликий період часу, доки не акумулюються у інші складові водного середовища – наприклад, у макрофіти чи тваринні організми [7].

Значна частина видів фітопланктону є індикаторами органічного забруднення води, складаючи для водосховища від 59% до 65% [11]. Погіршення якості води пов'язане зі зниженням інтенсивності процесів самоочищення водних мас, провідна роль в яких належить водоростям.

Значному підвищенню концентрації металу влітку сприяє також збільшення випаровування і використання води. На відміну від інших забруднювачів, таких як нафтові вуглеводні, домашні та муніципальні відходи, сліди металів можуть почати накопичуватися до небезпечних кількостей непомітно. Важкі метали описуються як металеві елементи з вищою щільністю, ніж

у води [14]. Вони також включають металоїди, такі як миш'як, які можуть викликати токсичність при низьких рівнях впливу, виходячи з уявлення про те, що важкість і токсичність пов'язані [13]. Останніми роками забруднення навколишнього середовища цими металами стає все більшою проблемою для навколишнього середовища та здоров'я людини.

Важкі метали є особливо проблематичними, оскільки вони не розкладаються. Метали давно поширені на Землі, і майже 75% від загальної кількості елементів у періодичній таблиці класифікуються як метали. Важкі метали становлять більшість забруднювачів, визначених Агентством з охорони навколишнього середовища США як слідові неорганічні забруднювачі [12].

Зв'язування важких металів у комплекси з розчинними органічними речовинами, адсорбція їх на завислих частках, утворення комплексів з гуміновими кислотами, фульвокислотами та глинистими речовинами є основною причиною низького вмісту “вільних йонів” як однієї з найтоксичніших форм. Вплив процесів адсорбції та комплексоутворення на міграційну рухливість та співвідношення їх форм є очевидним. Порівнюючи результати наших досліджень з фоновими значеннями (табл. 1) можна стверджувати, що “Тернопільський став” є забрудненою водоймою, особливо цинком і манганом.

Список літератури

1. Вміст металів у водоростях – дані отримані у лабораторії на базі ДНУ НТК «Інституту монокристалів» НАН України Відділу аналітичної хімії: за допомогою атомно-емісійного спектрографічного методу за допомогою спектрографа ДФФС-8.
2. Вміст металів у воді ставу – Дані Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води. Грубінко В.В., Гуменюк Г.Б., Волік О.В., Свинко Й.М., Маккарті Ф.М.Г. - Екосистема зарегульованої водойми в умовах урбонавантаження: на прикладі Тернопільського водосховища / за ред. В.В. Грубінка. Тернопіль: Вектор, 2013. 201 с. Зміни кількості важких металів у ставі в порівнянні з нормами ДСанПіН (державні санітарні норми та правила)
3. Вміст металів у питній воді фасованої, з пунктів розливу

- та бюветів Згідно НАКАЗУ № 341 від 18.02.2022 Зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07 березня 2022 р. за № 304/37640 ЗМІНИ до додатку 2 до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0304-22#Text>
4. Вміст металів у воді ставу в точці забору. Бицора Л. О., Капуста Т. Я. Дослідження Тернопільського водосховища. моніторинг присутності металів у воді та донних відкладах // Моделювання еколого-географічних систем : матеріали звітної наукової конференції викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів кафедри геоecології та методики навчання екологічних дисциплін та НДЛ. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. С. 64-67.
 5. Вміст металів у питній воді в Україні - Нормативи на питну воду. Яка повинна бути вода?: Нормативи якості питної води в Україні і країнах ЄС (порівняльна таблиця) - URL: <https://himanaliz.ua/uk/normativi-na-pitnu-vodu-yaka-povinna-bu/>
 6. Грубінко В.В., Гуменюк Г.Б., Волік О.В., Свинко Й.М., Маккарті Ф.М.Г. Екосистема зарегульованої водойми в умовах урбонавантаження: на прикладі Тернопільського водосховища / за ред. В.В. Грубінка. Тернопіль: Вектор, 2013. 201 с.
 7. Гуменюк Г. Б. Сезонна динаміка вмісту і міграції міді, кобальту, кадмію та свинцю в екосистемі Тернопільського ставу / Г. Б. Гуменюк // Наукові записки Тернопільського держ. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. 2001. Т. 2 (13). С. 190–193.
 8. Дворак О.В. Фітопланктон Тернопільського водосховища та його роль у формуванні фітостоку річки Серет : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня. канд. біол. наук : 03.00.17. К., 2006. – 21 с.
 9. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підручник. К. : Обереги, 2001. С. 426–429.
 10. Самчук А.І., Попенко Е.С., Огар Т.В. Поглинання важких металів та селену водоростями акваторії Чорного моря. Геологія і корисні копалини Світового океану. 2014. № 1.

- C. 115-120.
11. Щербак В. І. Оцінка впливу Тернопільського водосховища на фітопланктон річки Серет // Матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. „Екологія, техногенна безпека і соціальний прогрес”. Харків, 2004. С. 23–28.
 12. Deniz Türkmen, Monireh Bakhshpour, Semra Akgönüllü, Süleyman Aşır, Adil Denizli. Heavy Metal Ions Removal From Wastewater Using Cryogels: A Review. *Front. Sustain.* 23 March 2022 Sec. Sustainable Chemical Process Design Volume 3 – 2022. Doi <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.765592> – URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsus.2022.765592/full>
 13. Duffus J. H. From the journal "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*. Doi :<https://doi.org/10.1351/pac200274050793>. URL : <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac200274050793/html>
 14. [Tchounwo P. B.](#), [Clement G. Y.](#), [Patlolla A.K.](#), [Sutton D.J.](#) Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia Supplementum* 2012:101:133-64. Doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6. PMID: 22945569. PMCID: [PMC4144270](#)
 15. Revis N.J. P., Merks A.G. A. Heavy metal uptake by plankton and other particles // *Chem. Speciation @ Bioavailability*. 1989. Vol. 1, № 1. P. 31–37.

УДК 639.311:[574.5:581.526.325]

**ВИДОВА СТРУКТУРА ТА КІЛЬКІСНИЙ РОЗВИТОК
ФІТОПЛАНКТОНУ НАГУЛЬНИХ СТАВІВ
ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Чужма Н.П., Базасва А.М., Григоренко Т.В.

Інститут рибного господарства НААН України, м. Київ
E-mail: n_chuzhma@ukr.net

Відомо, що фітопланктону належить провідне значення у функціонуванні водних екосистем. Вивчення флористичної структури та кількісного розвитку фітопланктону рибницьких

ставів має певні особливості у порівнянні з дослідженнями фітопланктону природних водойм (річок, озер, водосховищ) прийнятих у фундаментальній гідробиології. Насамперед ці особливості пов'язані з суто прикладним характером досліджень у рибництві, оскільки фітопланктон рибогосподарських водойм розглядається не стільки як певне угруповання залучене в процеси підтримування рівноваги в екосистемі водойм, скільки як продуктивна частина природної кормової бази риб та зоопланктону.

Метою даної роботи було дослідити видовий склад та кількісний розвиток фітопланктону нагульних ставів при вирощуванні товарної риби в полікультурі.

Дослідження проводились упродовж літнього періоду 2022 року на двох нагульних ставах «Кантівка» та «Деркачі», площею 94,0-105,0 га та середньою глибиною 1,5 м, Старосинявського рибгоспу Хмельницької області. Джерелом водопостачання ставів є р. Іква (ліва притока р. Південний Буг).

Відбір проб фітопланктону, їх фіксація та камеральне опрацювання проводились згідно загальновідомих гідробиологічних методів [1].

У результаті проведених досліджень встановлено, що фітопланктон нагульних ставів впродовж вегетаційного сезону був представлений такими відділами водоростей: Cyanophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta. Загалом, у рибогосподарських водоймах було ідентифіковано 144 види та внутрішньовидових таксонів рослинного планктону. При цьому більшим видовим різноманіттям характеризувався нагульний став «Кантівка» – 118 видів та внутрішньовидових таксонів, тоді як у ставі «Деркачі» було виявлено 103. Головне місце упродовж усього періоду досліджень за кількістю видів належало зеленим водоростям, частка яких становила до 62,0%. Другорядна роль належала представникам еугленових (до 18,0%), діатомових (до 10,0%) та синьозелених (до 78,0%) водоростей. Кількість представників динофітових та золотистих водоростей не перевищувала відповідно 2,0% і 1,0% загальної кількості виявлених видів.

Слід зазначити, що серед виявлених видів фітопланктону даних водойм реєстрували 90 видів-індикаторів сапробності. При

цьому основна частка видів-індикаторів фітопланктону належала до β -мезосапробів (53,3%), α -мезосапробіонтів (15,6%) та β -о-сапробіонтів (11,1%), що характерно для вод з помірним рівнем органічного забруднення.

За період проведених досліджень індекс Шеннона за чисельністю (H_N) у нагульному ставі «Деркачі» коливався від 1,60 біт/екз. (серпень) до 3,12 біт/екз. (липень). Такі значні коливання індексу Шеннона свідчили про перехід полідомінантної структури фітопланктону до монодомінантної. Слід зазначити, що монодомінантний комплекс спостерігався лише в кінці літнього періоду за рахунок розвитку водоростей роду *Microcystis*.

У нагульному ставі «Кантівка» індекс Шеннона знаходився в межах від 2,38 біт/екз. (червень) до 3,09 біт/екз. (липень). Аналізуючи інформаційне різноманіття даного ставу, можна стверджувати про переважання в ньому полідомінантної структури фітопланктону.

Альгофлора нагульних ставів протягом досліджень була схожою за якісним складом, але в окремі періоди дещо відрізнялась за кількісним розвитком.

На початку дослідного періоду (червень) кількісні показники розвитку фітопланктону в нагульних ставах «Кантівка» та «Деркачі» знаходились на низькому рівні і складали відповідно 39482,7 тис. кл./дм³ і 6411,3 тис. кл./дм³ за чисельністю та 9,85 мг/дм³ і 3,40 мг/дм³ за біомасою. При цьому в нагульному ставі «Кантівка» як чисельність (99,6%), так і біомаса (96,4%) в цей час формувалися за рахунок розвитку цінних у кормовому значенні, як для кормового зоопланктону, так і риб планктонофагів, зелених водоростей, переважно, видів *Pediastrum duplex*, *Coelastrum microporum*. Натомість у нагульному ставі «Деркачі» чисельність у цей час формувалася за рахунок розвитку зелених (50,6%), а біомаса – синьозелених (65,3%) водоростей.

У подальшому (липень), кількісний розвиток планктонних водоростей в ставі «Кантівка» стрімко почав зростати до 87746,0 тис. кл./дм³ за чисельністю та 37,65 мг/дм³ за біомасою, досягаючи максимальних значень у кінці літа (серпень) – 682794,7 тис. кл./дм³ та 70,21 мг/дм³. При цьому в даному ставі

значно зросла кількість синьозелених водоростей, частка яких сягала 54,4% загальної чисельності та 31,1% загальної біомаси, в основному, за рахунок розвитку видів родів: *Lyngbya*, *Aphanizomenon*, *Myrocystis*. Частка цінних у кормовому значенні зелених водоростей складала 26,7% загальної чисельності та 34,3% загальної біомаси фітопланктону, за рахунок розвитку видів родів: *Dictyosphaerium* та *Scenedesmus*. У нагульному ставі «Деркачі» кількісні показники фітопланктону в липні, також, дещо підвищились, проте, залишались на низькому рівні і становили 32142,0 тис. кл./дм³ за чисельністю та 6,17 мг/дм³ за біомасою. Пік розвитку планктонних водоростей в даному ставі, як і у вище описаному, припадав на серпень, коли чисельність зросла до 172392,7 тис. кл./дм³ і на 73,3% формувалася за рахунок вегетації синьозелених водоростей (*Myrocystis sp.*, *Aphanizomenon flos-aqua*, *Oscillatoria sp.*), а біомаса – до 59,15 мг/дм³ і на 67,1%, за рахунок вегетації крупних форм динофітових водоростей (*Ceratium s.*).

У середньому за період дослідження кількісні показники розвитку рослинного планктону в нагульному ставі «Кантівка» складала 270007,8 тис. кл./дм³ за чисельністю та 39,24 мг/дм³ за біомасою. Основу чисельності за середніми показниками формували синьозелені (46,9%) та зелені (36,7%), а біомаси – зелені (56,4%) водорості. В нагульному ставі «Деркачі» середні показники чисельності та біомаси були на рівні відповідно 70315,3 тис. кл./дм³ та 22,90 мг/дм³. При цьому основу чисельності становили синьозелені (66,3%), а біомаси – динофітові (58,7%) водорості. Частка зелених водоростей не перевищувала 30,4% загальної чисельності та 15,0% загальної біомаси фітопланктону.

Таким чином, з рибогосподарської точки зору, у флористичній структурі фітопланктону обох нагульних ставів домінували представники відділу зелених водоростей. Крім того, спостерігалось збереження таксономічного різноманіття рослинного планктону, як ознаки природної рівноваги і збалансованості екосистеми гідробиоценозу.

Абсолютні показники чисельності та біомаси фітопланктону нагульних ставів у початкових пробах знаходились на досить низькому рівні, що могло свідчити про

його виїдання зоопланктоном та рибами фітопланктофагами. Підвищення кількісного розвитку фітопланктону було характерне для другої половини літа в період підвищення температури та вмісту органічної речовини у воді ставів. Проте максимальний розвиток рослинного планктону в кінці літа не спровокував заморних явищ.

Список літератури

1. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. Київ. ЛОГОС, 2006. 408 с.

УДК 58.582.261/.279

**ФЛОРА ДЕСМІДІСВИХ ВОДРОСТЕЙ
(ZYGNEMATOPHYCEAE DESMIDIALES) КАР'ЄРНИХ
ВОДОЙМ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА
ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ «ЗАМГЛАЙ»**

Шиндановіна І.П.

Національний університет "Чернігівський колегіум"
імені Т.Г. Шевченка

E-mail: i.shindanovina@gmail.com

Чернігівське Полісся розміщується між Дніпром на заході і Середньоросійською височиною на сході. Загальна єдність геоморфологічних умов обумовлена положенням Чернігівського Полісся в межах Дніпровсько-Донецької западини та тим фактом, що територія належить до області максимального зледеніння.

Чернігівське Полісся відрізняється від інших геоморфологічних районів Українського Полісся такими особливостями як:

- 1) широкий розвиток лесових островів з ерозійними формами рельєфу;
- 2) присутність великих річкових долин Дніпра і Десни з широкими акумулятивними терасами;
- 3) значне поширення реліктових долин, наприклад, Замглай;
- 4) наявність карстових форм рельєфу.

Реліктова долина Замглай (89700 га) за своїм походженням є заболоченим дном широкої долини пра-Дніпра. Природними

перехватами та піщаними пересипами реліктова долина Замглай ділиться на чотири частини: Болото Паристе, Центральний Замглай, Південний Замглай, Північний Замглай.

Болото Паристе – староруслове болото, займає русло пра-Дніпра, по якому свого часу текли води танучого льодовика при його відступанні. Заболочування старих русел викликане затуханням їх діяльності після відступання льодовика. Живлення староруслових боліт на перших етапах розвитку має озерно-річковий характер, далі посилюється роль ґрунтових вод, а також стічних зі схилів терас і долин, при великих повенях виявляється і вплив річкових вод. Такий режим водно-мінерального живлення зумовлює розвиток евтрофних боліт. Глибина торфу в межах масиву досягає 4-6 м.

В межах долини Замглай виділений ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Замглай» (4428 га), що належить до Ріпкинсько-Добрянського геоботанічного району, для якого характерні евтрофні болота, що в зв'язку з осушенням трансформувалися в торф'яні луки. Значна частина пра-долини зайнята сосновими лісами.

Предметом нашого вивчення є альгофлора десмідієвих водоростей кар'єрних водойм, які утворилися в результаті обводнення місць видобутку торфу у період з 60-х по кінець 90-х років двадцятого століття. Це десятки геометрично правильних водойм кожне розміром 500 на 1200 метрів які займають значну частину ландшафтного заказника загальнодержавного значення «Замглай».

За попередніми результатами дослідження цих кар'єрних водойм виявлено 54 таксони водоростей класу *Zygnematomphyceae* порядку *Desmidiaceae*, з них:

- *Cosmarium* Corda ex Ralfs – 29 таксона;
- *Staurastrum* Meyen ex Ralfs – 7 таксонів;
- *Euastrum* Ehrenberg ex Ralfs – 2 таксони;
- *Closterium* Nitzsch ex Ralfs – 9 таксонів;
- *Gonatozygon* De Bary – 2 таксони;
- *Xanthidium* Ehrenberg ex Ralfs – 2 таксони;
- *Pleurotaenium* Nägeli – 1 таксон;
- *Staurodesmus* Teiling – 1 таксон;
- *Cosmocladium* Brébisson – 1 таксон.

Серед знайдених видів є новий для флори Українського Полісся та рідкісний [2] вид *Cosmarium retusum* Rabenhorst.

Кількість знайдених таксонів десмідієвих водоростей є значною порівняно з даними по інших схожих біотопах в Україні.

Альгофлора боліт ландшафтного заказника «Вишняки» (Полтавська область) налічує 21 таксон класу Zygnematomphyceae порядку Desmidiiales [3].

Дослідження водоростей боліт НПП «Прип'ять-Стохід» (Волинське Полісся) [1] показало, що водорості класу Zygnematomphyceae (порядку Desmidiiales) представлені 34 видами (38 вн.т) з 78 видів (92 вн.т) для боліт Волинського Полісся загалом [4]. Найбільш поширені для боліт НПП «Прип'ять-Стохід» роди *Cosmarium* – 9 видів (10 вн.т) та *Staurastrum* – 6 видів (7 вн.т), а загалом для боліт Волинського Полісся *Cosmarium* Corda ex Ralfs – 15 видів (19 вн.т.), *Micrasterias* C. Agardh ex Ralfs – 9 видів (13 вн.т.), *Staurastrum* Meyen emend. Pal.-Mordv. – 9 видів (12 вн.т.), *Euastrum* Ehrenb. ex Ralfs – 10 видів (11 вн.т.) і *Closterium* Nitzsch ex Ralfs – 10 видів [4].

Території природний стан яких порушений внаслідок антропогенного впливу стали водоймами цінними для альгофлори десмідієвих водоростей Чернігівського Полісся і України в цілому.

Список літератури

1. Конищук М.А. Водоросли болот Национального природного парка «Припять–Стохид» (Волинское Полесье, Украина). Альгология. 2013. 23(4)С. 438–449.
2. Паламар-Мордвинцева Г.М. Флора водоростей континентальних водойм України: Десмідієві водорості. Вип. 1, ч. 2 Desmidiaceae. Київ: Академперіодика, 2005. 578 с.
3. Райда Е.В. Водоросли болот ландшафтного заказника «Вишняки» (Полтавская область). Вісн. Харк. нац. ун-ту. Сер. біол. 2005. Вип. 1–2. С. 67–71.
4. Царенко П.М., Конищук М.О., Капустін Д.О. Водорості боліт Волинського та Житомирського Полісся. Екологія водно-болотних угідь та торфовищ: зб. наук. ст. / гол. ред. В.В. Конищук. Київ, 2013. С. 277—280.

РОЗДІЛ 9

**ОХОРОНА, МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ
СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

УДК 551.464.32 (262.5.05)

**ВПЛИВ РУЙНУВАННЯ ГРЕБЛІ КАХОВСЬКОГО
ВОДОСХОВИЩА НА ЯКІСТЬ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА
ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ МІСТА ОДЕСИ У 2023 РОЦІ**

Богатова Ю.І., Секундяк Л.Ю., Кирсанова О.В.

Інститут морської біології Національної академії наук України
bogatovayu@gmail.com

Дніпро – одна із найбільших і протяжних річок Європи (довжина 2201 км, площа водозбору 504 тис. км², середній річний стік близько 53 км³), на всьому протязі зрегульоване каскадом з шести водосховищ. Останнє шосте Каховське – найбільше з них, мало проектну площу водного дзеркала 215 км² та об'єм 18,2 км³. Після підриву 6 червня 2023 р. російськими окупаційними військами греблі Каховського водосховища у Дніпро зійшло близько 14,4 км³ води, було затоплено понад 612 км² густонаселених промислових і сільськогосподарських територій Херсонської та Миколаївської областей. Вода і донні відклади з водосховища і з затоплених територій, які містили велику кількість забруднюючих речовин (нафтопродукти, пестициди, важкі метали, хімічні добрива, каналізаційні та побутові стоки, дерева і очерет, будівельне та побутове сміття, трупи тварин) через Дніпро-Бузький лиман надійшли до північно-західної частини Чорного моря. Першими удар величезного обсягу прісних забруднених, з великою кількістю зважених та розчинених мінеральних та органічних речовин отримали води Одеського морського регіону. Це – акваторія від Григорьевського лиману до Сухого, яка обмежена з сходу ізобатою 20 м. Формування гідрохімічного режиму цього району морю визначається впливом трансформованого стоку Дніпра і Південного Бугу, кліматичними і метеорологічними умовами рока. Особливу роль у формуванні якості морського середовища

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

району відіграють згінно-нагонні вітри, які призводять до зміни поверхневих водних мас і здатні кардинально міняти гідрохімічні умови впродовж декількох часів і днів.

Щоденні спостереження за сольовим складом морської води і біогенними речовинами в прибережній зоні мегаполісу Одеса почали проводити в другій половині дня 6 червня на мисі Ланжерон – південна точка Одеської затоки, яка у воєнний час була найдоступніша для проведення моніторингу. Прісні води з Каховського водосховища займали верхній шар моря до 3–5 м, завширшки до 50–100 м залежно від вітрової ситуації. Проби води відбирали в поверхневому шарі моря пластмасовою ємністю, вимірювання температури і солоності проводили "in situ", визначення мінеральних та органічних речовин азоту та фосфору проводили у стаціонарній гідрохімічній лабораторії, прийнятими у міжнародній практиці методами. В червня-липні район моніторингу впливу вод Каховського водосховища на прибережні води мегаполісу Одеса розширили і проби води відбирали на мисах Північний Одеський, Ланжерон, Малий Фонтан і Великий Фонтан, а після деякої стабілізації режиму солоності моніторинг до середини листопада 2023 р. проводили тільки на мисах Ланжерон і Малий Фонтан.

Дослідження показали, що прісна та тепла вода Каховського водосховища за 4 доби після підриву його греблі досягла узбережжя Одеси. Так, солоність поверхневого шару моря в районі мису Ланжерон значно знизилася – з 13 ‰ 6 червня до 7,4 ‰ 9 червня, мінімальні значення – 3,95 ‰ фіксували 11 червня. Зниження солоності води до мінімальних значень призвело до катастрофічного погіршення умов існування деяких гідробіонтів. В цей період в районі мису фіксували скупчення живих і снулих амфібій та риб, залишки дерев, очерету, сміття винесених із затоплених територій. Солоність на рівні 4 ‰ (в 3 рази менш мінімальних значень ГДК – 12 ‰) трималась в районі деякий час і лише за рахунок перемішування поступово зросла до 15 ‰ 26 червня. В липні-серпні 2023 р. солоність води на Одеському узбережжі змінювалася в межах 10-17 ‰, що пов'язано із згінно-нагінними явищами, які характерні для літнього періоду року.

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

В червні-серпні в поверхневому шарі Одеського узбережжя (зона моря до глибин 5 м) при солоності води 4-10 ‰ відмічали насичення води киснем менш 75 %. Таки значення не характерні для літа – періоду активного розвитку фотосинтезу, і були пов'язані з високим вмістом завислих речовин у водах, що надходили з Дніпровсько-Бузького лиману після підриву дамби.

В червні в поверхневому шарі води Одеського узбережжя при солоності 4-5 ‰ спостерігались високі концентрації амонійного азоту – 1,2–2,6 ГДК, а при солоності 7-10 ‰ – 1,2-1,3 ГДК. Максимальна зафіксована у морській воді концентрація амонійного азоту за період спостережень становила 13,8 ГДК. Її відзначали при солоності морської води 5 ‰ 9 червня в районі с. Коблеве (Миколаївська область), яке розташоване в 25 км від гирла Дніпровсько-Бузького лиману. Концентрації амонійного азоту у морській воді більше ГДК свідчать про надходження в море каналізаційних стічних вод і вод з різних колекторів, тваринницьких ферм. Слід також відзначити, що азот-амонійний – форма мінерального азоту, якої віддають перевагу мікро- і макроводорості при створенні нової органічної речовини (фотосинтез). Концентрації фосфатів і кремнію, необхідних елементів при створенні нової автохтонної речовини, на одеському узбережжі при солоності морської води 4–5 ‰ в 2–3 рази перевищували середньо багаторічні значення, але максимальні концентрації фосфатів не перевищували ГДК. Вже у середині червня якість морської води за санітарно-хімічними та мікробіологічними показниками різко погіршилась і Одеська міська рада 17.06.2023 р. видала наказ про заборону населенню купатися в морі на пляжах міста, ловити та вживати рибу та інші морепродукти місцевого походження. Стабільно високі концентрації азоту-амонійного і фосфатів у морській воді в червні 2023 р. викликали масовий розвиток фітопланктону з утворенням великих площ морю з «цвітінням» води. Вони з кінця червня до кінця липня займали до 80 % площі українській частині північно-західного шельфу Чорного моря.

В липні 2023 р. високі концентрації фосфатів відзначали у районах мисів Північний, Малий Фонтан та Великий Фонтан, що може бути пов'язано з деструкцією відмерлої органічної речовини

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

фітопланктону в період його масового розвитку.

В кінці серпня-вересні після деякої стабілізації соленосного режиму на одеському узбережжі концентрації мінеральних та органічних речовин азоту і фосфору, кремнекислоти, вміст розчиненого у воді кисню були на рівні сезонних середньо багаторічних значень.

Слід також зазначити, що в донні відклади північно-західного шельфу надійшли та акумулювались: забруднюючі речовини і алохтонна органічна речовина з Каховського водосховища, автохтонна органічна речовина відмерлого фітопланктону після «цвітіння води». Забруднення донних відкладів – реальна загроза українському шельфу. Вони – потенційне джерело вторинного забруднення морських вод, тому що розкладання та вихід з них токсикантів, біогенних речовин буде погіршувати якість водного середовища, завдавати шкоди чорноморській біоті багато років.

Оскільки ми не стикалися з подібною екологічною, техногенною катастрофою, цілком імовірно, що її наслідки проявлятимуться і в наступні роки. Достовірно оцінити її масштаби, ступінь забруднення та збиток, завданий морському середовищу і природним ресурсам України, можливо тільки при продовженні комплексного моніторингу, що в умовах військового часу дуже складно, але необхідно.

УДК 504

ВПЛИВ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ росії НА ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ

Вакерич М.М.^{1,2}, Гасинець Я.С.¹

¹ДВНЗ "Ужгородський національний університет",

²Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр МВС України

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

Значного негативного впливу довкілля України зазнає внаслідок військової агресії російської федерації. Згідно з Європейським агентством з питань довкілля, залежно від масштабів руйнувань та видів використовуваної зброї, токсичні

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

хімічні речовини можуть акумулюватися у воді, ґрунті та повітрі десятиліттями, завдаючи шкоди здоров'ю людей, середовищу існування та біорізноманіттю.

Вплив війни на стан водних ресурсів та водозабезпечення населення України. Пошкодження джерел водопостачання та каналізації може позбавити та вже позбавляє людей можливості доступу до води. Станції і мережі водопостачання та очищення стічних вод, системи моніторингу та інша важлива інфраструктура можуть повністю або частково припинити роботу через фізичне руйнування внаслідок обстрілів, перебої з електропостачанням, брак матеріалів або ж ситуації, коли обслуговуючий персонал втрачає контроль або доступ до вищезгаданої інфраструктури.

Доступ до водопостачання та каналізації на українських територіях, безпосередньо зачеплених військовими діями, є однією з ключових проблем, що викликають стурбованість. Українські міста в облозі переживають надзвичайну гуманітарну кризу. У таких умовах ризик інфекційних захворювань, що передаються через воду, максимальний.

Війни збільшують забруднення річок, озер, водно-болотних угідь і водоносних горизонтів. Наприклад, авіаудари та обстріли можуть знищити промислові об'єкти, сміттєзвалища та сховища відходів, у тому числі хвостосховища, що, в свою чергу, може призвести до витоку небезпечних речовин.

Вода також може стати зброєю, і її використання для досягнення військових цілей не є новим явищем. Зруйнована дамба може затопити території далеко за течією, як, наприклад, у водозборах річки Дніпро. Захоплення стратегічної водної інфраструктури може саме по собі стати військовою метою. Наприклад, росія захопила та підірвала Каховську ГЕС, одну з найбільших в Україні. ГЕС розташована на водосховищі, що охолоджує Запорізьку АЕС, яка в свою чергу є найбільшою в Європі.

Війна також завдає серйозного удару транскордонному співробітництву. Вона призводить до транскордонного переміщення забрудненого повітря та води, зокрема через річки в Чорне море з його чутливою екосистемою, яка вже була

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

пошкоджена в останні десятиліття [1].

Вплив війни на стан атмосферного повітря України. Через бойові дії загальний стан атмосферного повітря погіршується у прямий та непрямий способи. Прямий вплив бойових дій – це детонування снарядів, використання артилерійської зброї та авіабомб. За даними ДСНС протягом двох років війни в Україні знешкоджено понад 500 тисяч вибухонебезпечних предметів. Водночас російська армія випустила по Україні близько 7500 ракет. У деяких випадках ракети влучали в склади боєприпасів, які, в свою чергу, теж детонували. Від таких вибухів в атмосферне повітря викидаються свинець, сажа, вуглець й інші токсиканти. А залишки снарядів містять сірку, мідь, залізо та вуглець. При потраплянні у ґрунт вони забруднюють воду, а згодом отруюють людей і тварин.

Непрямий вплив бойових дій – це пожежі в екосистемах, вибухи на нафтобазах, атаки на промислові об'єкти та склади небезпечних відходів, як-от пінополіуретан, мінеральні добрива, лакофарбові вибори, аміачна селітра тощо. Від пожеж на нафтобазах в атмосферне повітря викидаються важкі метали, діоксид сірки, сажа, окиси азоту тощо. Такі викиди шкодять здоров'ю людей, а забрудники, які потрапляють у ґрунт, з часом, погіршують якість підземних та поверхневих вод. А обсяг викидів від загоряння лісів, нафтобаз та інших об'єктів становить 182 мільйони тонн шкідливих речовин.

За даними Міністерства довкілля України, обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря за час війни дорівнює обсягу викидів одного металургійного підприємства за цілий рік роботи [2].

Вплив війни на стан ґрунтового покриву України. Рух важкої техніки, будівництво фортифікаційних споруд і бойові дії пошкоджують ґрунтовий покрив. Це призводить до деградації рослинного покриву та посилює вітрову та водну ерозію.

Забруднення ґрунту здебільшого відбувається внаслідок використання нітроароматичних вибухових сполук (таких як тринітрололуол (тротил), октагідро-1,3,5,7-тетранітро-1,3,5,7-тетразоцин (HMX) і 1,3,5-тринітропергідро-1,3,5-тріазин (RDX)), які токсичні для довкілля та здоров'я людини. У природі вони

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

стійкі до випаровування, гідролізу та біодеградації, і, як наслідок, можуть поглинатися рослинами або вимиватися в ґрунтові води.

Під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюється низка хімічних сполук: чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO₂), водяна пара (H₂O), бурий газ (NO₂), нітроген (I) оксид (N₂O), формальдегід (CH₂O), пари ціанистої кислоти (HCN), азот (N₂), а також велика кількість токсичної органіки, окислюються навколишні ґрунти, деревина, дернина, конструкції.

Негативні наслідки від використання запальної зброї, що містить білий фосфор, пов'язані з його допоміжними забруднювачами та залишками згорання. Продукти горіння фосфору та їх розчини, потрапляючи у ґрунт, утворюють солі, що посилює міграцію фосфорних сполук із зони ураження на вільні від бойових дій місцевості. Така зброя може призвести до забруднення ґрунту мікроелементами, вуглеводнями, органічними розчинниками, поверхнево-активними речовинами, синтетичними фенолами, ціанідами, діоксинами та радіонуклідами.

Металеві уламки снарядів, що потрапляють у доквілля, також не є безпечними та цілковито інертними. При розкладанні снарядів та інших залишків металевої зброї відбувається забруднення ґрунту в основному свинцем. Чавун із домішками сталі є найбільш поширеним матеріалом для виробництва оболонки боєприпасів та містить у своєму складі не тільки стандартні залізо та вуглець, а й сірку та мідь. Ці речовини потрапляють до ґрунту і можуть мігрувати до ґрунтових вод і в результаті потрапляти до харчових ланцюгів, впливаючи і на живі організми [3].

Детонація мін спричиняє негативний вплив на ґрунт металевими та пластиковими осколками, а також залишками вибухових речовин. Залишені вибухові боєприпаси, окрім свинцю, урану та стибію, містять велику кількість токсичних елементів, які швидко потрапляють у природній колообіг.

У менших масштабах (але з більшою різноманітністю впливів) джерелом забруднення є також згорілі танки, транспортні засоби, збиті літаки та інші залишки бойових дій.

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається унаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель [4].

Обстріли об'єктів промисловості та інфраструктури призводять до пожеж, які спричиняють додаткове забруднення повітря, ґрунту та води. Продукти горіння, які потрапляють, у повітря складаються з токсичних газів і твердих частинок. На цих об'єктах також буде значне забруднення ґрунту та води. Там, де були проведені заходи з гасіння пожежі, забруднення можуть включати залишки протипожежної піни.

Саме тому надзвичайно важливо, щоб план відновлення України після закінчення воєнних дій включав заходи з відновлення та збереження екосистем, а до планів із відбудови населених пунктів включати природоорієнтовані рішення та заходи з адаптації до зміни клімату.

Список літератури

1. [Всесвітній день води: вода під час війни – випадок України](https://euneighbourseast.eu/uk/news/publications/vsesvitnij-den-vody-voda-pid-chas-vijny-vypadok-ukrayiny/). [Електронний ресурс], 2022 – Режим доступу: <https://euneighbourseast.eu/uk/news/publications/vsesvitnij-den-vody-voda-pid-chas-vijny-vypadok-ukrayiny/>.
2. Запахло смаленим: як війна впливає на стан повітря в Україні. [Електронний ресурс], 2022. – Режим доступу: <https://kunsht.com.ua/zapaxlo-smalenim-yak-vijna-vplivaye-na-stan-povitrya-v-ukra%D1%97ni/>
3. Екологічні проблеми війни [Електронний ресурс], 2022. – Режим доступу: <https://pro-eko.com.ua/ekologichni-problemy-vijny/>
4. Омельчук О., Садогурська С. Природа та війна: як військоове вторгнення Росії впливає на довкілля України [Електронний ресурс] // Екодія, 2022. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>

НАСЛІДКИ ВОЄНИХ ДІЙ НА ОРНІТОФАУНУ

Глинська О. М.

Тернопільський національний університет імені Володимира
Гнатюка

E-mail: glinkaola7@gmail.com

Розв'язана росією війна в Україні принесла безліч руйнувань, смертей, спричинила масову міграцію населення як в межах держави, так і за кордон, принесла чимало екологічних проблем. Усі ці втрати, завдяки вірі та стійкості українського народу, українці намагаються подолати, проте чи можна сказати це про тварин? Вони не можуть сховатися від снарядів та вибухових хвиль в укриттях, не можуть захистити свої гнізда, змушені, через міграційний інстинкт, повертатися на території охоплені війною. Зараз ще не можливо підрахувати скільки було зруйновано гнізд, скільки загинуло птахів, проте вже зараз орнітологи фіксують міграційні зміни, котрі помножують невидимі жертви війни [1].

Птахи завжди були активними учасниками бойових дій починаючи, ще з часів правління князя Ігора, коли його дружина Ольга вирішила помститися деревлянам «...Ольга тим часом, роздаючи воям кому ото по голубові, а другим по горобцеві, звеліла [їм] кожному голубові й горобцеві прив'язати трут, обгортаючи [його] в маленькі платочки [і] ниткою прив'язуючи до всіх голубів і горобців. І звеліла Ольга, коли смерклося, воям своїм пустити голубів і горобців. Голуби ж і горобці полетіли в гнізда свої, — ті в голубники свої, а горобці під остріхи, — і тоді загорялися голубники, а од них хижі і стодоли. І не було двора, де б не горіло, і не можна було гасити, бо всі двори загорілися. І побігли люди з города, і повеліла Ольга воям своїм хватати їх...» [Нестор-літописець, 3, с.4].

У першій світовій війні також відзначилися птахи. Голуби Шер Амі та Кайзер поправу вважалися найкращими розвідниками тих часів вони проводили аерофоторозвідку. А півень Джек гучно сповіщав про наближення противника і неочікувано нападав на нього, чим дуже допомагав своєму

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

австралійському власнику [5] .

Бойові дії порушують спокій птахів, що може вплинути гніздування, виведення потомства та міграційні шляхи. У військових конфліктах ризик загибелі тварин збільшується через стрілянину та зміни в природному середовищі, що може призвести до втрат серед популяцій, втрачається велика кількість Червонокнижних видів.

Міграційні коридори птахів Азовсько-Чорноморського широтного коридору, що відзначається найвищою кількістю перелітних птахів в Україні, Поліський широтний коридор та Дніпровський меридіанний міграційний шлях, простягаючись вздовж лісової зони Полісся, північної частини Лісостепу та річок Дніпро та Десна, перетинають зону бойових дій, стають небезпечними для спокою та виживання птахів, а через обстріли – і для маршрутів [2] .

Тільки в наслідок катастрофи на Каховські ГЕС, оцінено втрати в популяціях птахів на короткий та довгий терміни. Науковці розділили види на три групи ризику: I – гніздяться на місці катастрофи (охоплює 82 види) , II – втратять біотопи для гніздування через зміни в руслі Дніпра (включає 69 видів), III – втратять біотопи для годівлі та укриття під час міграцій та зимівлі (121 вид) [6] .

Хімічне забруднення яке спричиняють обстріли, залишає в атмосфері оксиди сірки та азоту, а вони, у свою чергу, провокують кислотні дощі, змінюють рН ґрунту, знищуючи рослини. Призводять до опіків слизових оболонок дихальних шляхів тварин. У таких умовах неможливо гніздитися і очікувати на потомство.

Внаслідок забруднення ґрунтів нафтопродуктами, важкими металами, радіоактивними та хімічними речовинами знижується його родючість, підземні води забруднюються, що впливає на рослинність й біорізноманіття. Нестача продуктів живлення та руйнування ґрунтового покриву унеможлиблює поселення пернатих на цих територіях [4] .

Свійські тварини також стали жертвами війни, було знищено чи пошкоджено більше 200 сільськогосподарських угідь. На птахофабриці «Чорнобаївська» через знеструмлення

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

приміщень і відсутність можливості потрапити до птахів загинули 4 мільйони курей і близько 700 тисяч курчат. В селах тварини просто покинуті, вони голодні ходять вулицями і повільно помирають, або, розірвані російським ракетами, їхні рештки гниють, провокуючи поширення різноманітних хвороб: сальмонельоз, туберкульоз, ешерихіоз та інші.

Список літератури

1. Orr, E.N. Birds In War. Appalachian Review, [The University of North Carolina Press](#) vol. 50 no. 2, 2022. p. 106-115.
2. The 3rd International scientific and practical conference “Science and society: modern trends in a changing world” (February 19-21, 2024) MDPC Publishing, Vienna, Austria. 2024. p 330
3. Літопис руський / Пер. з давньорус. Л. Є. Махновця; Відп. ред. О. В. Мишанич. К.: Дніпро, 1989. с.591
4. Паценко А. М. Вплив воєнних дій в Україні на ґрунти. Національний авіаційний університет. 2023. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/61391> [20.03.2024]
5. Тварини – символи у світових війнах. URL: <https://www.ukrainer.net/tvaryny-symvoly/> [26.03.2024]
6. Шупова Т. В., Конякін С. М. Потенційні загрози Каховської катастрофи популяціям птахів різних екологічних груп. Агроєкологічний журнал. 2023. (№ 4) с. 41

УДК 504.4.054

ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РІЧКИ ІКВА КРЕМЕНЕЦЬКОГО РАЙОНУ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ВЕСНІ 2023 РОКУ

Гонтарук М.В., Гуменюк Г. Б., Хоменчук В.О., Сокіл Б.Б.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені В. Гнатюка

E-mail: hontaruk@chem-bio.com.ua, gumenjuk@chem-bio.com.ua

Мала річка в Україні — природна водна артерія, що тече цілорічно або з короткочасними перервами та живиться за рахунок атмосферних опадів і підземних вод [4].

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

До малих річок України відноситься також і річка Іква в Кременецькому районі Тернопільської області. Іква має довжину близько 50 км. Річка Іква важлива для місцевого населення, оскільки вона забезпечує водопостачання та зрошення. Береги річки вкриті різноманітними луками та лісовими насадженнями, створюючи природну красу та сприяючи розмаїттю флори та фауни [1].

У березні 2023 року було проведено дослідження якості води річки Іква на вміст нітратів, йонів амонію, в також було визначено твердість води і водневий показник (рН). Дослідження проводилося в межах села Дунаїв Кременецького району в трьох різних точках. Відбір проб води проводили з поверхневого горизонту водойм. Перше місце відбору знаходиться на початку села поблизу сільськогосподарських угідь. Друге місце біля автотранспортної магістралі. Третя точка відбору знаходиться навпроти свиноферми.

Результати дослідження показали, що вміст нітратів у першій точці становив в 5,12 мг/л. В другій – 5,13 мг/л і третій 5,2 –мг/л. Значення у всіх трьох точках в середньому дорівнювало 5,15 мг/л. На всіх водних об'єктах досліджених територій було виявлено, що вміст нітратів не перевищує ГДК рибгосп, а саме 50 мг/л [1].

Підвищення концентрації йонів амонію може бути використано, як індикатор відображення погіршення санітарного стану водойм, процесів забруднення поверхневих і підземних вод (переважно від побутових і сільськогосподарських стоків) [2]. Вміст йонів амонію у річці Іква: в першій точці 0,14 мг/л, другій 0,1 мг/л і третій 0,01 мг/л. Дані значення не перевищують ГДК рибгосп, а саме 0,5 мг/л [2].

Твердість води - це один з важливих показників якості водопостачання, який визначається вмістом різних солей, зокрема кальцію та магнію. Висока твердість води може мати негативний вплив на домашні прилади, зокрема на котли для опалення та на кухонне приладдя, так як солі кальцію та магнію відкладаються на поверхнях та зменшують ефективність роботи приладів. Також, висока твердість води може призвести до утворення накипу на стінках водопровідних труб, що зменшує пропускну

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

здатність труб та збільшує ризик їх руйнування[3]. В ході дослідження вод річки Ікви було встановлено, що твердість води в першій точці дорівнює 5,3 ммоль/л, у другій 6,1 ммоль/л і третьої 5,4 ммоль/л, що відповідає м'якій воді.

Водневий показник (рН) – індикатор водню, що кількісно вказує на кислотно-лужний баланс її води. У річці Ікви рН в першій точці він становив 6,9, другій 6,7 і третій 6,8. Дані відповідають слабо-кислому середовищу.

Загалом в річці Ікви не спостерігається підвищення допустимих показників ГДК рибгосп. для всіх досліджених показників.

Для Тернопільської області, як і для інших регіонів України, характерні проблеми забруднення водних об'єктів. Це ставить під загрозу екологічну безпеку та здоров'я місцевих жителів. Одним із важливих кроків у цьому напрямку є встановлення спеціальних очисних споруд на забруднених водоймах. Наприклад, на річці Іква вже була встановлена очисна споруда, яка дозволила знизити рівень забруднення води. Однак, цього недостатньо. Потрібно проводити постійний контроль якості води та розробляти нові технології очищення. Також важливо забезпечити належне використання водних ресурсів. Це означає, що потрібно боротися з незаконним забором води та контролювати використання водних ресурсів підприємствами та жителями області[4].

Крім того, необхідно забезпечити належне збереження природних екосистем берегів водних об'єктів. Це можна здійснити шляхом проведення заходів з рекультиватії берегів та лісового озеленення, а також запровадження системи сортування та утилізації відходів. Окрім цього, потрібно вживати заходів щодо попередження забруднення водних об'єктів. Зокрема, проводити інформаційну роботу серед місцевого населення про правильне поводження з відходами та шкідливими речовинами [5].

Усі ці заходи мають бути проведені на комплексній основі з урахуванням специфіки кожного водного об'єкту окремо. Для ефективної реалізації таких заходів необхідно залучення не лише місцевих владних структур, але й підприємств, громадських

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

організацій та місцевих жителів [6].

Загалом, питання покращення стану водних об'єктів є важливим та нагальним завданням. Єдиний шлях до досягнення успіху - це спільна праця владних структур, підприємств, громадських організацій та місцевих жителів. Здійснення комплексних заходів щодо очищення водних об'єктів, контролювання використання водних ресурсів та попередження забруднення є ключовими елементами стратегії створення безпечного та здорового екологічного середовища в даній місцевості.

Список літератури

1. Бедункова О.О., Буднік З.М. Оцінка екологічної шкоди та екологічного ризику гідрохімічних показників річки Іква. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Сільськогосподарські науки». 4-те вид. 2012. 77-82 с.
2. Гумницький Я. М., Сабадаш В.В., Тижбір Г.А. Механізм адсорбції іонів амонію природними алюмосилікатами. Національний університет «Львівська політехніка», 2011. 308–310 с.
3. Дохович А. В. Твердість води та її вплив на побутову техніку. Вода і водоочисні технології. 2-те вид. Київ, 2018. 27-31 с.
4. Злочевський М. В., Петрук Г. М., Клименко М. О., Древецький В. В. Відновлення водних екосистем малих річок України. Вісник інженерної академії України. 4-те вид. 2010. 227-230 с.
5. Клименко М.О Клименко О.М Буднік З.М. Оцінка соціо-економіко-екологічного розвитку території басейну річки Іква. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Сільськогосподарські науки». 3-те вид. 2013. 179-188 с.
6. Сінгалевич О.В. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2018 році. Тернопіль, 2018. 254 с.

**ОСОБЛИВОСТІ СОРБЦІЇ ТА ДЕСОРБЦІЇ NO_3^-
БІОЧАРАМИ**

**Герц А. І., Хоменчук В. О., Конончук О. Б., Марків В. С.,
Горин О. І., Вальчук Ю. М.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

Нітроген є однією з найважливіших поживних речовин для рослин, а тому азотні добрива активно використовується в сільськогосподарських системах. Внесення надмірної кількості азотних сполук призводить до послаблення здатності ґрунту забезпечувати іншими поживними речовинами рослини, порушення балансу азоту в ґрунті та до вилуговування нітрогеновмісних речовин, що призводить до евтрофікації поверхневих вод. Загальновідомо, що вимивання азоту з ґрунту значною мірою домінує на рівні NO_3^- , так як NH_4^+ в основному зв'язаний з ґрунтовими колоїдами до яких має високу спорідненість [1].

Для зменшення вилуговування нітрогеновмісних сполук з ґрунту дієвим методом вважається іммобілізація NO_3^- з використанням біочарів (біовугілля). Ці адсорбенти є перспективними матеріалами для уповільнення вивільнення та зменшення вимивання нітратного азоту [3].

Біочар, твердий продукт піролізу та карбонізації в анаеробному середовищі органічних відходів, у тому числі і сільського господарства, який має пористу структуру, велику питому поверхню, значну кількість функціональних груп та обмінних катіонів, що обумовлює його високу адсорбційну здатність [5].

Так як температура і технологічний процес піролізу, склад і властивості вихідних матеріалів впливають на структуру і фізико-хімічні властивості біовугілля, його практичне використання вимагає додаткових досліджень сорбційних властивостей [2].

Тому в роботі було здійснено порівняльну характеристику сорбції іонів NO_3^- двома біочарами – Ideale (IDL) та Intermarcom

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

(INT). За даними виробників, сировиною для отримання біочару IDL були трав'янисті рослинні залишки, для виробництва INT використовували відходи деревини.

Для дослідження особливостей сорбції-десорбції біочарами нітратного азоту готували стандартні розчини NO_3^- з використанням KNO_3 . В експерименті 1 г біовугілля поміщали в колби об'ємом 100 мл і додавали 20 мл розчинів, що містили різні початкові концентрації іонів NO_3^- (0, 62, 310, 620 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Початковий *pH* змішаних розчинів становив 7,8-8,0, температура середовища поглинання на час проведення модельного дослідження становила 25 °С. Щоб запобігти випаровуванню води, колби закривали поліетиленовою плівкою. Після процесу адсорбції *pH* розчинів становив 8,1-8,3. Протягом експерименту на 1, 3, 7 та 14 добу у надосадах суспензій з використанням іонселективного електроду вимірювали концентрації іонів NO_3^- . Для цього зразки попередньо очищали через паперовий беззольний фільтр (розмір пор 7-20 мкм). Кількість сорбованого біочарами нітратного азоту визначали як різницю між внесеною та залишковою концентрацією іонів.

Аналіз десорбційних характеристик біочарів (нульова початкова концентрація іонів NO_3^- у середовищі інкубації) показав, що за контакту з добривом INT кількість NO_3^- зростала з 2,9 до 8,0 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ за час 1-3 доби, після чого (7-14 діб) концентрація нітрат іонів практично не змінювалася. В експериментах з біочаром IDL нітрат іони не вивільнялися.

За невисоких концентрацій NO_3^- у середовищі (62 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), при взаємодії з обома досліджуваними біочарами за першу добу інкубації та 1-3 добу з IDL, переважали процеси десорбції. При зростанні часу контакту до 3, 7 та 14 діб мала місце адсорбція NO_3^- біочаром INT, тоді як IDL адсорбував нітратний азот лише на 7-14 добу. Кількість сорбованого NO_3^- зростала з часом, а поглинальна здатність INT була вищою, ніж IDL. Проте необхідно зазначити, що ємність поглинання INT в період 7-14 діб не змінювалася та становила близько 1,05 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Відсоток зв'язаного NO_3^- на 7 та 14 добу для IDL становив 42,6 % і 63,4 %, а для INT 86,4 % та 84,0 % відповідно.

Початкові концентрації іонів у середовищі інкубації суттєво впливають на поглинальну ємність біовугілля. Як

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

правило, поглинальна здатність біочару спочатку лінійно зростає, а згодом поступово стабілізується внаслідок насичення сайтів зв'язування [4]. Зростання концентрації у середовищі NO_3^- до $310 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ призводило в цілому до збільшення поглинальної здатності іонів NO_3^- обома біочарами особливо на 7-14 добу. Потрібно зауважити, що як і у випадку попередньої досліджуваної концентрацій ($62 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$) за час контакту у 24 год переважали десорбційні процеси у системі біочар-інкубаційне середовище та спостерігалось зростання кількості нітратного азоту у фільтратах як IDL, так і INT. У динаміці поглинання NO_3^- біочарами IDL та INT було виявлені суттєві відмінності. Так, адсорбція NO_3^- біочаром INT була вищою та становила на 3, 7 та 14 добу $0,94$, $2,83$ та $5,31 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$ відповідно, тоді як для IDL поглинальна здатність відмічалася лише на 7 та 14 добу і була $0,44$ та $1,18 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$. Значно вищою для біочару INT порівняно з IDL була частка зв'язаного NO_3^- . За час взаємодії у 7 та 14 діб вона становила $45,7 \%$ і $85,7 \%$ для INT, проти $7,1 \%$ та $19,1 \%$ від загального для IDL.

У третій серії експериментів, коли концентрація NO_3^- в середовищі інкубації становила $620 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, у досліджуваному часовому діапазоні переважали процеси поглинання вказаних іонів обома біочарами. Лише в першу добу за контакту розчину з добривами концентрація NO_3^- у фільтраті не змінювалася. Поглинальна здатність NO_3^- біочаром INT, як і в попередніх випадках була вищою – $1,06$, $6,73$ та $7,82 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$ на 3, 7 та 14 добу відповідно, тоді як IDL сорбував NO_3^- лише за часу контакту 7 та 14 діб – $0,71$ та $1,36 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$. Частка зв'язаного NO_3^- біочаром IDL за часу контакту 7 та 14 діб становила лише $5,0 \%$, $7,0 \%$ та $10,6 \%$, а для INT – $54,3 \%$ та $63,1 \%$ відповідно до загальної кількості.

Отже, у загальному можна зазначити, що біочар Intermarcom набагато ефективніше зв'яже NO_3^- порівняно з Ideale. Під час його використання необхідно враховувати вміст нітратів у ґрунтах, адже за їх високих концентрацій Intermarcom може бути ефективний для сповільнення їх вивільнення та запобігання вимивання, а за низьких – може зв'язувати (імобілізувати) та цим самим зменшувати його доступність для рослин.

Список літератури

**Охорона, моделювання та прогнозування стану
навколишнього середовища**

1. Beeckman F., Motte H., Beeckman T. Nitrification in agricultural soils: Impact, actors and mitigation. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2018. Vol. 50. P.166–173. URL: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.01.014> (Last accessed: 25.02.2024).
2. Dhyani V., Bhaskar T. A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Renew. Energy.* 2018. Vol. 129, Part B. P. 695–716. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.035> (Last accessed: 27.02.2024).
3. Gao Y., Fang Z., Van Zwieten L., Bolan N., Dong D., Quin B.F., Meng J., Li F., Wu F., Wang H. A critical review of biochar-based nitrogen fertilizers and their effects on crop production and the environment. *Biochar.* 2022. Vol. 4: 36. 19 p. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s42773-022-00160-3> (Last accessed: 02.03.2024).
4. He Z., Chao W., Hongxia C., Jiaping L., Shuyao P., Zhijun L. Nitrate Absorption and Desorption by Biochar. *Agronomy.* 2023. Vol. 13, № 9: 2440. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy13092440> (Last accessed: 25.02.2024).
5. Yaashikaa P. R., Kumar P.S., Varjani S., Saravanan A. A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnol Rep.* 2020. Vol. 28: e00570. URL: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00570> (Last accessed: 25.02.2024).

УДК [504.73:574.68](282.247.314)

**ОЦІНКА ВІДНОВЛЕННЯ ПЛАВНЕВОЇ РОСЛИННОСТІ
НИЖНОБДНІСТРОВСЬКОГО НПП ПІСЛЯ ПОЖЕЖ ЗА
ДАНИМИ ДЗЗ**

Дворецький Т.В.

Інститут Гідробіології НАН України

E-mail: d.taras.v@gmail.com

Плавневі екосистеми, у тому числі Нижнього Дністра,

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

акумулюють велику кількість вуглецю в біомасі рослин, що викликано їх високою продуктивністю та низькою швидкістю розкладання, за умови постійного або тривалого підтоплення ґрунтів. Великі площі та низькі затрати історично сформували випалювання як метод управління надмірною фітомасою. Реакція рослинності на пожежу в основному обумовлена життєвим циклом і функціональними особливостями видів, а також такими характеристиками як частота, інтенсивність і масштаби пожежі. Внаслідок палів відбувається втрата біомаси, зміна структури та функціонування популяцій та ценозів, а також загальні характеристики екосистем. Реакція рослинного угруповання на випалювання також залежить від сезону. Крім впливу на структуру, пожежа також впливає на екосистемні послуги, що надаються плавневою рослинністю - зберігання вуглецю, демпфірування повені, місця нагулу на гніздування птахів і тварин.

Матеріали дистанційного зондування є потужним інструментом в дослідженнях екології пожеж у масштабах дельтових систем і дають можливість описувати відновлення рослинності після пожеж. Метою даної роботи є аналіз відновлення плавневої рослинності Нижньодністрівського НПП у наступному вегетаційному періоді після пожеж, що сталися на її території в 2020 р. з використанням даних дистанційного зондування та спектральних індексів. Вихідна інформація отримана з даних багатоспектральних космічних знімків зроблених супутниками "Landsat 8-9".

Оцінка впливу випалювання на рослинність плавневих екосистем проводили з використанням вегетаційних індексів, що відображають окремі показники стану рослинності. нормалізований різностний індекс рослинності (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI); індекс зеленого хлорофілу (Green Chlorophyll Index – GCI); індекс питомої площі листової пластинці (Specific Leaf Area Vegetation Index – SLAVI); нормалізований диференціальний індекс вологості (Normalized Difference Moisture Index – NDMI); індексу стану рослинності (Vegetation Condition Index - VCI); температури поверхні землі (Land Surface Temperature – LST); температурного режиму (Temperature Condition Index - TCI) та водозабезпеченості

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

рослинності (Water Supplying Vegetation Index — WSVI). Розраховані індекси є інтегральним показником функціонування плавневих екосистем і залежать від умов місцезростань та пірогенного фактора. Отримані результати за вегетаційний період були розбиті на чотири групи по сезонах. Перша (I) група сформована березнем і визначає початкові умови розвитку рослинності. Друга (II) об'єднає три місяці – березень, квітень і травень та узагальнює розвиток рослинності за весняний період. Третя (III) представлена червнем, липнем та серпнем (літній період). Четверта (IV) – вереснем та жовтнем (осінній період). Вплив випалювання на взаємозв'язки між індексами вивчалися з використанням методу головних компонент, імітаційного моделювання та аналізом подібності (ANOSIM). Для отримання і аналізу кількісних характеристик знімків використовували програмні продукти Quantum GIS і статистичний пакет R версії 3.4.4.

Встановлено, що на початок вегетаційного періоду 2021 р. середні значення спектральних індексів усіх ділянок що розглядаються мають досить близькі середні значення, але суттєво розрізняються показниками ексцесу та асиметрії. Найбільш мінливими є ділянки які випалювалися у лютому 2020 р. Це пояснюється формуванням на окремих територіях умов які виникли внаслідок нерівномірного вигорання мертвої органічної маси, що підтверджується великими значеннями асиметрії екологічних індексів - LST та TCI. Контрольні ділянки також характеризуються значними показниками асиметрії LST та TCI, однак це пов'язано з просторовою мінливістю плавневих систем дельти. Ділянки які горіли у весняний період (березень, квітень) на відміну від попередніх, мають значно менші значення асиметрії, та відзначаються мінливістю значень вегетаційних індексів — NDVI, LAI, VCI, та VSWI. Оцінка різниці на основі аналізу подібності (ANOSIM) між ділянками встановила, що вони сходні між собою (R дорівнювало 0,07, $p = 1e-04$). Отримані результати свідчать що на початок вегетаційного періоду розрізнялися дуже слабо.

Показано, що протягом весняного періоду на ділянках з різними термінами випалювання та контролем різниця між ними дещо збільшується, але залишається нечіткою ($R = 0,14$, $p = 1e-$

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

04). Це обумовлено двома факторами - різним розвитком едифікатора рослинних комплексів водно-болотних екосистем - *Phragmites australis* та сукупними ступенем вигорання та накопичення мортмаси протягом минулого року.

Встановлено, що різниця в розвитку рослинності на ділянках з різним термінами випалювання протягом літнього періоду суттєво збільшується ($R = 0,24$, $p = 1e-04$). Це пояснюватися подальшим формуванням просторової нерівномірності екологічних умов розвитку рослинності. Найбільш впливовими факторами виявилися нормалізований диференціальний індекс вологості (NDMI) та водозабезпеченості рослинності (WSVI).

Закінчення вегетаційного періоду сприяє зменшенню різниці між ділянками. Встановлено, що ступінь відмінності між горілими ділянками невеликий, що пов'язано з локальними умовами та інтенсивністю випалювання, а також кількістю сухої органічної речовини на окремих площах ($R = 0,10$, $p = 1e-04$). Виявлено, що лише за зимового (лютий) випалювання зберігається значна варіація значень спектральних індексів, що свідчить про формування на горілих ділянках різних екологічних умов. Вплив весняного (березень, квітень) випалювання відзначається значною варіабельністю значень ступеня схожості за сезонами протягом вегетаційного періоду.

Результати проведених досліджень свідчать про ефективність дистанційного зондування території плавневих екосистем з використанням спектральних індексів для оцінки стану рослинного покриву та доцільні для розв'язання проблеми збереження, відновлення та сталого використання водно-болотних екосистем південно-західного Причорномор'я в умовах антропогенного навантаження та глобальних кліматичних змін. Розроблений алгоритм може бути адаптований для різних типів водно-болотних угідь і використаний для отримання більш повних даних. Покращене розуміння масштабів пожеж та динаміка значень спектральних індексів показників стану рослинності має вирішальне значення для ефективного управління пірогенним навантаженням цих та інших плавневих екосистем.

УДК 551.5:061.1

ВОДА ПОВЕРТАЄТЬСЯ В КАХОВСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ

Кобилецька Т.В., Гуменюк Г.Б., Чень І.Б., Прокоп'як М.З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

6 червня 2023 року російські окупанти вдалися до чергового акту екоциду, котрий загрожує безпрецедентними екологічними наслідками для півдня України. Результатом цього є чисельна кількість наслідків злочинного руйнування, зокрема:

-знищення та значне порушення екосистем Каховського водосховища та водних об'єктів які в нього впадають;

-порушення водопостачання об'єктів у Херсонській і, частково, Запорізькій та Дніпропетровській областях;

-забруднення вод р. Дніпро і Чорного моря – первинне забруднення внаслідок потрапляння до вод паливно-мастильних матеріалів, змиву сміття, агрохімікатів, інших небезпечних матеріалів; затоплення і виведення з ладу систем очистки стічних вод, каналізації, і так зване «вторинне забруднення», що виникає внаслідок порушення шарів намулу, в яких десятиліттями відбувалось накопичення забруднюючих речовин;

-зміна мезоклімату території через зміну площі поверхні водного дзеркала, зміну водного балансу території та збільшення відкритих ділянок суші;

-неможливість регулювання водного режиму під час водопілля та паводків.

Внаслідок підриву Каховської ГЕС відповідну греблю знищено, а, отже, нівельовано захист об'єктів, що знаходяться нижче за течією. Тому є ризики повторного підтоплення територій, які є залежними від регуляції з боку Каховської ГЕС [3].

Аналізуючи ситуацію наприкінці лютого – середини березня, можна визначити, що Каховське водосховище почало наповнюватися водою. Це свідчить про спад води, яка накопичилася в верхів'ях р. Дніпро протягом зими, і про прибуття води в річку, що призвело до розливу. Це природне явище

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

спричинилося швидким таненням снігу та дощами. Однак цей процес сприяє відродженню екосистеми Великого Лугу, що вимагає весняної повені для свого життя і розвитку. Імітація природного режиму водних потоків може позитивно впливати на екологічний стан регіону.

Наявність великої кількості води в Каховському водосховищі має велике значення для екосистеми Великого Лугу. Цей процес створює сприятливі умови для розвитку озерних і наземних екосистем, таких як заплавні ліси і лучні системи. Високий рівень води дозволяє формувати необхідні умови для нересту риб, заростання водною рослинністю та розвитку молодих деревних саджанців. При цьому, стабільне коливання рівня води сприяє насиченню екосистем киснем і збереженню їх стабільності. Збереження цього природного режиму водних потоків є важливим для збереження біорізноманіття та екологічної рівноваги в регіоні [4].

Процес повернення води призвів до появи нових видів рослин на території Великого Лугу. Відновлені ліси на цій території отримали достатнє зволоження, що сприяє розвитку місцевих видів рослин, зокрема верби і тополі. Чужорідні рослини, які адаптувалися до умов підвищеної сухостійкості, ймовірно, вимерли внаслідок цього природного явища. Отже, це природне явище сприяє відновленню та збереженню біорізноманіття на Великому Лузі. Нещодавне водопілля на цій території відзначається вперше за понад 70 років, оскільки останнім часом вона була під впливом затоплення водосховищем. Природа готова до радикальних змін у долині Дніпра, які можуть відбутися у разі відсутності впливу створених людиною водосховищ. Тим не менш, точний механізм відновлення природи та майбутній склад рослинності на цій території залишаються предметом подальших досліджень [2].

Також, повернення води в Каховське водосховище може суттєво вплинути на воєнні дії у регіоні, оскільки територія стане непрохідною для сухопутних військ. Внаслідок природних процесів, зокрема танення снігу, значні території знову потрапляють під воду, утворюючи слабкі ґрунти, через які не може пройти будь-яка техніка. Таким чином, навіть при осушенні

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

Каховського водосховища, сама територія Великого Лугу залишається непридатною для військових операцій. Це поєднання власне русла р.Дніпро, заплав та затоплених ділянок. Стан Великого Лугу природний і включає мінімальний рівень води у вересні та жовтні, з наступним перетворенням на водний простір під час весняних паводків і до середини літа [1].

Отже, аналізуючи ситуацію з кінця лютого – середини березня, з поверненням води в Каховське водосховище, можна зробити висновок про значний вплив природних процесів на екосистему та воєнні дії у регіоні. Вода, що накопичилася в верхів'ях Дніпра, та природні явища, такі як танення снігу та дощі, призвели до розливу в річку Дніпро, відновлення екосистеми та затоплення території Великого Лугу. Цей процес створює сприятливі умови для розвитку озерних і наземних екосистем, але може негативно вплинути на стратегічні можливості сухопутних військ. Збереження природного режиму водних потоків важливе для збереження біорізноманіття та екологічної рівноваги в регіоні. Потрібно продовжувати вивчати та враховувати ці природні процеси при плануванні екологічних та військових заходів у майбутньому.

Список літератури

1. Satellite Images Show Water Returning to Kakhovka Reservoir: How It Can Affect Military Operations. URL: <https://en.defence-ua.com/news/satellite-images-show-water-returning-to-kakhovka-reservoir-how-it-can-affect-military-operations-9835.html> (дата звернення: 17.03.24).
2. "Востаннє водопілля тут було понад 70 років тому". На територію колишнього Каховського водосховища повертається вода. URL: <https://suspilne.media/706242-z-76-roku-nihto-ne-mig-baciti-vodopilla-na-dnipri-na-teritoriu-kolisnogo-kahovskogo-vodoshovisa-povertaetsa-voda/> (дата звернення: 25.03.24).
3. Підрив Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки. URL: https://ecoaction.org.ua/pidryv-kahovskoi-hes-poperedni-vysnovky.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwh4-

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

[wBhB3EiwAeJspPB8DbsR-B0OR_uviMpdqRDz6dPau9PyxjMit6JvRbcIJHpH1AEcbdxoCnTsQAvD_BwE](https://suspihne.media/706882-takogo-ne-bulo-65-rokiv-u-kahovske-vodoshovise-povertaetsya-voda-poyasneniya-vid-ekologa/) (дата звернення: 16.03.24).

4. "Такого не було 65 років". У Каховське водосховище повертається вода: пояснення від еколога. URL: <https://suspihne.media/706882-takogo-ne-bulo-65-rokiv-u-kahovske-vodoshovise-povertaetsya-voda-poyasneniya-vid-ekologa/> (дата звернення: 25.03.24).

УДК 577.1.57.044:152.574.2

БІОІНДИКАЦІЙНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

Любчиков Р. Є.

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

E-mail: mekhedolga@gmail.com

Вода є життєво багатим ресурсом для всього живого на планеті, і забезпечення її безпеки та чистоти є критичним завданням у збереженні екосистем. У зв'язку з тим, що водні екосистеми стикаються з різноманітними антропогенними та природними впливами, важливо мати ефективні методи оцінки їхньої безпеки та стану. Біоіндикаційні методи ви відчуваєте дуже корисними та перспективними в оцінці екологічного стану водних екосистем. Ці методи базуються на використанні живих організмів як індикаторів змін у якості води та середовища загалом [3]. Вони можуть виявляти вплив різних забруднюючих речовин, включаючи хімічні сполуки та важкі метали, на живі організми та екосистему в цілому. Не викликає сумніву актуальність та значення біоіндикаційних методів у контексті оцінки безпеки водних екосистем. Також розглядаються основні принципи та підходи до використання біоіндикаційних методів, їх переваги та обмеження.

Метою нашого дослідження було вивчити можливість застосування методів біоіндикування для визначення стану водних екосистем.

Біоіндикація - це метод вивчення стану природних

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

екосистем за допомогою живих організмів. Вони допомагають оцінити рівень забруднення довкілля та визначити його вплив на біорізноманіття та функціонування екосистем. Нижче наведено кілька можливих методів біоіндикації стану водних екосистем. Біохімічні показники - моніторинг хімічних речовин у тканинах організмів (наприклад, металів у рибах) може свідчити про рівень забруднення води та його вплив на біоту [4]. Індeksi біотичного потенціалу (наприклад, Індекс Біотичного Інтегритету річкових систем) використовуються для оцінки впливу забруднень на біоту водойм та їх можливості самоочищення. Аналіз різноманітності та складу видів у водних екосистемах може вказати на стан середовища та його зміни під впливом антропогенних факторів. Деякі організми (наприклад, водний біл, макрзоопланктон) вважаються вказівниками забруднення води через їхню чутливість до змін у якості середовища. Використання стандартизованих тестів на чутливість організмів до токсичних речовин дозволяє визначити рівень токсикантів у водоймах. Дослідження генетичних змін у популяціях організмів може свідчити про діяльність мутагенних чинників у водному середовищі [2]. Спостереження за змінами у розподілі та структурі біотопів у водних екосистемах може допомогти в оцінці впливу забруднень. Комбінування цих методів дозволяє отримати комплексну оцінку стану водних екосистем та вчасно реагувати на проблеми забруднення довкілля.

Використання методів біоіндикації для оцінки стану водних екосистем має надзвичайну актуальність у сучасному світі з огляду на декілька ключових аспектів. Водні екосистеми мають велике значення для збереження біорізноманіття, включаючи унікальні види рослин та тварин. Методи біоіндикації дозволяють виявляти зміни в цих системах та вчасно реагувати на загрози для їхнього збереження [1]. Водні екосистеми піддаються значному тиску від антропогенних факторів, таких як забруднення води та деструкція середовища. Використання біоіндикаційних методів дозволяє виявляти зміни в структурі та функціонуванні цих екосистем, що допомагає визначити джерела забруднення та приймати заходи з їхнього зменшення. Біоіндикація дозволяє оцінювати якість води за станом біоти, так як живі організми

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

реагують на зміни у середовищі швидше, ніж хімічні аналізи. Це важливо для забезпечення питної води, а також для оцінки впливу забруднень на акваторичний біоту. Враховуючи динаміку показників біоіндикації у водних екосистемах, можна прогнозувати майбутні зміни та вчасно приймати заходи для їхнього управління. Оцінка стану водних екосистем за допомогою біоіндикаційних методів дозволяє забезпечити збалансоване використання водних ресурсів, що є ключовим аспектом сталого розвитку. Отже, використання методів біоіндикації для оцінки стану водних екосистем є необхідним і важливим кроком у збереженні природи та забезпеченні сталого розвитку людства.

Список літератури

1. Лукаш О.В., Сапегін Л.М., Кирієнко С.В., Лукаш І.М., Дайнеко М.М., Тимофєєв С.Ф. Стан прибережно-водних екосистем на рекультивованих примостових ділянках Чернігівської і Гомельської областей у прикордонній смузі з Брянською обл. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2012. № 1. С. 121–127.
2. Lukash O., Kupchuk O., Karpenko Yu., Sliuta A., Kyrienko S. Dynamics of riverbank ephemeral plant communities in the Stryzhen' river estuary (Chernihiv, Ukraine). Ecological Questions. №24. 2016. P. 27 – 35.
3. Nikolaienko T., Ivashchenko M., Ivashchenko N., Mekhed O. Changes in Blood Parameters of Laboratory Animals Under the Influence of Mucotoxin T2. Актуальні питання біології та медицини : зб. наук. праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської наукової конференції (м. Лубни, 02 червня 2023 р.). Лубни : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 64-67
4. Symonova N.A., Mekhed O.B., Kupchuk O.Y., Tretyak O.P. Toxicants in the degradation of lipids in the organism scaly carp. Ukrainian Journal of Ecology Volume 8, No 4 (2018). P. 6-10

УДК 633.8-0.2526:005.332.8

**КОРЕЛЯЦІЙНІ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ МОРФОЛОГІЧНИМИ
ПОКАЗНИКАМИ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА**

Сверстюк С.А., Гуменюк Г.Б., Сверстюк А.С.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

Соняшник (*Helianthus annuus*) – це одна з найважливіших культурних рослин з великим вмістом олії, що має велике значення в переробній промисловості та сільському господарстві. За даними Міністерство аграрної політики та продовольства України у 2022 році посівна площа становила 4 702,7 тис. га., а за період 2023-2024 років цей показник незначно збільшився [3]

Проте попри військові дії на території країни експорт соняшникової олії в січні 2024 року становив 611 тис.т., що на 56% перевищує дані січня 2023 року. Соняшник головна олійна культура України і його висів починають у весняний період, коли буде забезпечена достатня вологість ґрунту, насіння не виприватиме та стійко переноситиме коливання температур [2]. Одним із основних напрямів селекції соняшнику є створення високоякісних гібридів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками. Селекція соняшнику на якість останніми роками набула активного розвитку. Це спричинено потребою різних галузей промисловості в олії різних технічних характеристик.

До найважливіших морфологічних ознак соняшника, що визначають формування його продуктивності, належать висота або довжина стебла, величина листової поверхні. Ці показники вказують на характер взаємодії між генотипом культури та умовами її вирощування, відображаючи стан розвитку рослин.

Дослідження проводили протягом 2023 року на дослідницьких полях “Контінентал Фармез Груп” в с. Мильне Тернопільського району, Тернопільської області. Для аналізу кореляційних показників нами було обрано наступні гібриди: П63ЛЛ356, Розалія та Купава. Статистичний аналіз результатів досліджень проведено за допомогою комп’ютерної програми

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

«Statistica 10.0». Статистична обробка проводилася методами статистичного та кореляційного аналізу [1]. Усі виявлені кореляційні зв'язки між морфологічними елементами соняшнику були позитивними.. У гібриду П63ЛЛ356 встановлено середню кореляцію між площею листкової пластинки і довжиною листка ($r=0,622$), сильну (тісну) між шириною листка і площею листкової пластинки ($0,905$) (табл.1).

Таблиця 1

Кореляційні взаємозв'язки між морфологічними показниками
гібриду соняшника П63ЛЛ356

Correlations (ГС1 in ГС1)								
Marked correlations are significant at $p < .05000$								
N=16 (Casewise deletion of missing data)								
Variable	Means	Std.Dev.	Кількість рослин	Висота, см_ГС1	Кількість листків на рослині_ГС1	Довжина листка, см_ГС1	Ширина листка, см_ГС1	Площа, см2_ГС1
Кількість рослин	8.5000	4.760952	1,000000	-0,187785	0,446724	-0,025884	-0,374307	-0,362805
Висота, см_ГС1	155,6875	5,628905	-0,187785	1,000000	0,122292	-0,082630	-0,250266	-0,251799
Кількість листків на рослині_ГС1	21,1875	1,833712	0,446724	0,122292	1,000000	-0,186489	-0,201968	-0,287824
Довжина листка, см_ГС1	23,3125	1,352467	-0,025884	-0,082630	-0,186489	1,000000	0,245683	0,622448
Ширина листка, см_ГС1	22,3125	3,048907	-0,374307	-0,250266	-0,201968	0,245683	1,000000	0,905591
Площа, см2_ГС1	33,8550	2,827536	-0,362805	-0,251799	-0,287824	0,622448	0,905591	1,000000

У гібриду Розалія встановлено середню кореляцію між висотою листка і кількістю листків на рослині ($r=0,64$), між довжиною і шириною листка ($r=0,67$), високу (тісну) між площею і довжиною листка ($r=0,93$) та між шириною і площею листка ($0,89$) (табл.2).

Таблиця 2

Кореляційні взаємозв'язки між морфологічними показниками
гібриду соняшника Розалія

Correlations (ГС23 in ГС23)							
Marked correlations are significant at $p < .05000$							
N=16 (Casewise deletion of missing data)							
Variable	Means	Std.Dev.	Висота, см_ГС23	Кількість листків на рослині_ГС23	Довжина листка, см_ГС23	Ширина листка, см_ГС23	Площа, см2_ГС23
Висота, см_ГС23	163,0625	6,223276	1,000000	0,646941	0,097543	0,138121	0,126228
Кількість листків на рослині_ГС23	23,7500	1,693123	0,646941	1,000000	0,302984	0,300847	0,329661
Довжина листка, см_ГС23	21,2500	1,949359	0,097543	0,302984	1,000000	0,675031	0,933218
Ширина листка, см_ГС23	20,7500	1,570563	0,138121	0,300847	0,675031	1,000000	0,895047
Площа, см2_ГС23	31,0800	2,386428	0,126228	0,329661	0,933218	0,895047	1,000000

У гібриду Купава встановлено середню кореляцію між

Охорона, моделювання та прогнозування стану навоколишнього середовища

шириною і довжиною листка ($r=0,64$), високу (тісну) між висотою і кількістю листків на рослині ($r=0,82$), між площею і довжиною листка ($r=0,88$) та між площею і шириною листка ($r=0,88$) (табл.3.).

Таблиця 3

Кореляційні взаємозв'язки між морфологічними показниками
гібриду соняшника Купава

Correlations (ГС4 in ГС4)							
Marked correlations are significant at $p < .05000$							
N=16 (Casewise deletion of missing data)							
Variable	Means	Std.Dev.	Висота, см_ГС4	Кількість листків на рослині ГС4	Довжина листка, см_ГС4	Ширина листка, см_ГС4	Площа, см ² _ГС4
Висота, см_ГС4	178,5000	14,50057	1,000000	0,820696	-0,054082	-0,125142	-0,101266
Кількість листків на рослині ГС4	23,5625	1,89627	0,820696	1,000000	-0,002068	-0,125859	-0,072157
Довжина листка, см_ГС4	24,1250	2,12525	-0,054082	-0,002068	1,000000	0,562423	0,884607
Ширина листка, см_ГС4	23,0625	2,11246	-0,125142	-0,125859	0,562423	1,000000	0,883114
Площа, см ² _ГС4	34,9188	2,77171	-0,101266	-0,072157	0,884607	0,883114	1,000000

Позитивна кореляція між висотою рослини та кількістю листя може свідчити про те, що вищі рослини мають більшу кількість листя. Позитивна кореляція між шириною і довжиною листка має певні фізіологічні та екологічні наслідки для рослини. Наприклад, широкі листки можуть мати більшу поверхню для фотосинтезу, що сприятиме кращому накопиченню енергії. Також вони можуть ефективніше розподіляти воду та здійснювати газообмін.

Позитивна кореляція між площею і довжиною листка та позитивна кореляція між площею і шириною листка може мати важливе значення для фотосинтезу та обміну речовин у рослини. Більша площа листка сприятиме активнішому фотосинтезу, а також кращому випаруванню води та газообміну. Гібрид Купава виявився найбільш перспективним, оскільки володіє значними морфологічними показниками та може стати ключем до успішного сільськогосподарського виробництва.

Для сільськогосподарських культур важливо мати інформацію про залежність між довжиною, шириною листка і площею, оскільки це може вплинути на їхню продуктивність та адаптацію до різних умов вирощування. Такі кореляційні взаємозв'язки можуть бути важливими для агрономічних та селекційних цілей, оскільки вказуватимуть на наявність спільних

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

генетичних чи фізіологічних механізмів, які контролюють розвиток листків у соняшнику. Ці взаємозв'язки можуть допомогти селекціонерам та агрономам краще розуміти фізіологію та властивості соняшнику і впливати на врожайність та якість рослин.

Список літератури

1. Гойко О. В. Практичне використання пакета STATISTICA для аналізу медико-біологічних даних: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (Рекомендовано МОН України, ISBN 966-8326-31-8). Київ, 2004. 76 с..
2. Експорт соняшnikової олії у 2023/24 МР на 18% перевищує показник попереднього сезону URL: <https://latifundist.com/novosti/64174-eksport-sonyashnikovoyi-oliyi-u-2023-24-mr-na-18-perevishchuye-pokaznik-poperednogo-sezonu> (дата звернення: 31.03.2024).
3. В Україні завершена посівна кампанія 2022 URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/v-ukrayini-zavershena-posivna-kampaniya-2022> (дата звернення: 31.03.2024)..

УДК 591.5(57.02:57.04)+504

ВПЛИВ АНОМАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ КИЇВСЬКОЇ ГЕС ТА НЕПРОГНОЗОВАНОГО ВОДООБМІНУ НА ОКРЕМІ ЕЛЕМЕНТИ БІОТИ РІЗНИХ ЛОКАЛІТЕТІВ МЕТАУГРУПОВАНЬ

**Старосила Є.В., Рибка Т.С., Воліков Ю.М., Ларіонова Д.П.,
Лінчук М.І.**

Інститут гідробіології НАН України

E-mail: gipotesa@gmail.com

У 2023 р. в умовах нестабільного режиму роботи каскаду водосховищ, спричиненого війсьними діями та аномальною літньо-осінньою спекою [3], посезонно були проведені комплексні гідробіологічні спостереження верхньої ділянки Канівського водосховища в межах міста Києва (прибережні локалітети затоки Собаче Гирло, руслової частини біля парку

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

«Наталка» та заплавного озера Вербне).

У період проведення досліджень вміст біогенних елементів та органічної речовини у воді модельних локалітетів був у межах: азоту амонійного – 0,263–0,953, азоту нітратного – 0,018–0,128, азоту нітритного – 0,003–0,007 мгN/дм³; фосфору фосфатів – 0,020–0,128 мгP/дм³; кисню – 5,61–13,49, перманганатної окиснюваності – 10,34–20,99, біхроматної окиснюваності – 22,86–42,86 мгO/дм³; рН – 7,85–8,95. Температура води коливалася у межах 12,4–24,1 °С.

Особливістю просторової динаміки бактеріопланктону у модельних локалітетах була залежність від деяких абіотичних чинників (метеорологічного, гідрологічного і гідрохімічного режимів). Чисельність бактеріопланктону, кількість евтрофних і оліготрофних бактерій, а також доля мертвих бактерій у планктоні у найбільш гідрологічно стабільному заплавному оз. Вербному були вищі в середньому у 1,5 рази, ніж на русловій ділянці та в затоці з непрогнозованим водообміном. Аномальні зміни рівня води у водосховищі стали причиною негативних наслідків для життєдіяльності мікроорганізмів.

Разом з тим, привнесення і накопичення забруднюючих речовин природного і антропогенного походження у модельні локалітети відобразилося на переважанні у планктоні евтрофних бактерій над оліготрофними, збільшенні кількості бактерій роду сальмонела та кишкової палички, а також підвищенні еколого-санітарного індексу (ЕБ/ЧБП).

Величини середніх значень мікробіологічних параметрів у 2023 р. відображали подібну, або дещо гіршу ситуацію порівняно з 2022 р.

Також на структуру та функціонування бактерій планктону впливали біотичні взаємини з іншими угрупованнями гідробіонтів (хижаки вищих трофічних рівнів, алохтонна мікрофлора, розвиток ціанопрокаріот тощо) [2].

Кількісний розвиток та структурні характеристики зоопланктону на досліджених водних ділянках в різні пори року дуже розрізнялися. Найбільшу суму таксонів зоопланктону було відзначено для заплавного озера у літній період. Так само у цей період року для водойми був характерний найвищий рівень

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

кількісного розвитку зоопланктону (87 тис. екз/м³ та 1,107 г/м³). Найменші величини відмічали восени, коли за показником відношення N/B домінували донні форми веслоногих рачків.

Інша ситуація спостерігалася на русловій ділянці водосховища та в затоці, де, порівняно з минулими роками досліджень, значення показників чисельності та біомаси зоопланктону знизилися удвічі. В угрупованні також спостерігалася різке зниження значень показників біорізноманіття, спрощення таксономічної структури самих угруповань та домінуючого комплексу зоопланктону. Восени показники кількісного розвитку зоопланктону досягли критично низьких значень. Раніше такі значення чисельності та біомаси у цих локалітетах нами не реєструвалися. Саме тут погіршення екологічної ситуації є очевидною причиною негативних наслідків, які відображаються на показниках кількісного розвитку та біорізноманіття зоопланктону.

Для організмів макрзообентосу літоралі великі амплітуди спадів та підйомів рівня води також стали причиною негативних змін умов існування. Межі між угрупованнями локалітетів стали розмиті або зникли зовсім, різко знизилися значення показників біорізноманіття. Між тим, в окремих угрупованнях макробезхребетних, навіть в умовах руйнівного і дестабілізуючого впливів, утворилися відносно стійкі біотичні взаємозв'язки, у формуванні яких вирішальне значення відігравали певні види з притаманними їм біологічними та екологічними рисами.

У наших дослідженнях цю роль виконували два види двостулкових молюсків з родини дрейсенід: *Dreissena polymorpha* (Pallas) та *D. bugensis* (Andrusov). Протягом вегетаційних сезонів 2023 р. найбільша їхня чисельність та значення біомаси були відмічені влітку та восени в двох локалітетах: русловій частині біля парку «Наталка» та на прибережній ділянці затоки Собаче Гирло. В останньому найбільші значення показника біомаси тут були відмічені у 2023 р. влітку – 2138,44 г/м², та восени – 2745,77 г/м² при домінуванні *D. polymorpha* [1].

Саме спільноти консортивного типу, які утворювали ці молюски, визначали структуру і характер речовинно-

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

енергетичних потоків в досліджених локалітетах та виконували буферну роль під час негативних впливів.

Еколого-санітарна оцінка досліджених об'єктів була виконана за допомогою методу біоіндикації із залученням 12 біотичних індексів та їхніх модифікацій. Порівняння значень біотичних індексів, отриманих влітку і восени 2022 р., з такими ж сезонами 2023 р. свідчили, що події, які відбулися, мали негативний вплив на угруповання досліджених об'єктів, зокрема, локалітетів затоки Собаче Гирло та руслової частини біля парку «Наталка». Середній біотичний індекс сезонів 2023 р. відобразив погіршення ситуації у порівнянні з 2022 р.

Макрозообентос літоралі оз. Вербоного зберіг схожі риси навіть у несприятливих умовах весни 2023 р. з такими ж угрупованнями 2021 року, чому сприяла відсутність негативного впливу швидкої течії при скидах з Київського водосховища.

Таким чином, узагальнені дані свідчать про наявність очевидних негативних наслідків для функціонування та розвитку окремих елементів біоти, що склалися в умовах нестабільного режиму роботи каскаду водосховищ та непрогнозованого водообміну заплавної водойми Дніпра, викликаних воєнними діями.

Список літератури

1. Воліков Ю.М. Метаугруповання різнотипних водних об'єктів: особливості взаємодій вільноживучих та симбіотичних складових локальних угруповань гідробіонтів / Ю.М. Воліков, Є.В. Старосила // Science and society: modern trends in a changing world: the 2th International scientific and practical conference, January 22-24, 2024. Viena, Austria: MDPC Publishing. 2024. P. 54–60.
2. Старосила Є.В. Мікробіологічні індикатори комплексної гідробіологічної оцінки водосховища рівнинної річки (огляд) /Є.В. Старосила, Ю.М. Воліков, Т.С. Рибка// Біологічні дослідження – 2022: збірник наукових праць XIII Всеукр. науково-практичної конф., 10–11 жовтня, 2022 р. – Житомир. – 2022. – С. 121–124.
3. <https://mozmdv.gov.ua/monitorynh-iakosti-vody/>.

*Охорона, моделювання та прогнозування стану
навколишнього середовища*

УДК 58.006:581.522.4(635.925)

**Роль ботанічних садів у збереженні та розширенні
різноманіття рослин**

Герц Н.В., Трут Н. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

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

Рослинний світ - це безцінний дар природи, який забезпечує наше життя та взаємодію з оточуючим середовищем. Однак, в умовах змін клімату та людської діяльності, різноманіття рослин стає об'єктом загрози. У цьому контексті, ботанічні сади відіграють незамінну роль у збереженні та розширенні цього надзвичайно важливого компоненту нашої планети. Їхні збірки рідкісних та зникаючих видів, дослідницька робота з вивчення рослинності, селекції та розведення рослин, а також освітні та інформаційні програми створюють основу для розуміння, захисту та використання рослинного світу для блага нашого суспільства та природного середовища.

На сьогодні, великою проблемою є зменшення різноманіття рослин. Велика кількість видів під загрозою повного знищення, а військові дії на значній території України в певній мірі прискорюють даний процес. Тривалі та інтенсивні форми антропогенного впливу на середовище спричинили досить великі зміни у природньому середовищі, що негативно відобразилося на видовій різноманітності. Так, протягом останніх 500 років Україна втратила понад 2/3 лісів і зараз за лісистістю посідає передостаннє місце в Європі. Загальна площа лісового фонду України становить 10,8 млн га (2006), лісистість території – 15,7% [2].

Тому, діяльність і функціонування ботанічних садів є одним із актуальних напрямів збереження різноманіття рослин, а особливо тих що перебувають під загрозою зникнення. Існує багато причин, чому ботанічні сади відіграють важливу роль у збереженні та примноженні рослинного різноманіття:

1. На базі ботанічних садів зберігаються колекції рідкісних і зникаючих рослин, яким загрожує зникнення в їхніх

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

природних середовищах існування.

2. Ботанічні сади є важливими центрами наукових досліджень, де проводяться дослідження різноманіття, екології, фізіології та генетики рослин. Це сприяє розумінню біологічних процесів і розробці нових методів збереження рослин.
3. Ботанічні сади відіграють важливу роль в освіті населення та підготовці студентів і дослідників. Вони надають можливість вивчати різноманітність рослин, їхні характеристики, екологічні взаємозв'язки та значення для людини і довкілля. Це також і місця відпочинку та відповідального спілкування з природою для місцевих мешканців та гостей.

Як частина тенденції культурного туризму, ботанічні сади є важливим елементом у розумінні важливості знань про рослинний світ, які передавалися протягом століть. Останніми роками ботсади стали важливими місцями для збереження в межах міських поселень з метою збільшення біорізноманіття та культивування рідкісних видів у відповідних природних умовах [1].

Сучасні ботанічні сади в Україні дотримуються використання наступних принципів та методів для створення колекцій тих чи інших видів флори: фітоценотичний, флористичний, популяційний, систематичний, екологічний, естетичний принципи. Впроваджують такі методи та прийоми збереження рідкісних та зникаючих рослин природної флори: 1) метод монокультур; 2) метод створення модельованих штучних ценозів, що базується на флорогенетичній та фітоценотичній основі та екологічному принципі диференціації екологічних ніш і взаємній доповнюваності видів у фітоценозах; 3) метод введення зникаючих видів у природну рослинність ботанічних садів; 4) метод створення та інтродукції рослинних угруповань, що базується на екологічному принципі відповідності еколого-ценотичній конструкції угруповань, які створюються, зональним типам біогеоценотичних структур [3].

Багато питань потребують розв'язання для покращення роботи ботанічних садів і збереження біорізноманіття в Україні та в світі загалом. Однією з ключових проблем для сучасних ботанічних садів є відсутність єдиної інформаційної бази. Це

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

призводить до відсутності достовірних даних про склад колекційних фондів та їхній стан. Існуючі каталоги, які випускаються рідко, містять переважно застарілу інформацію. Оскільки живі колекції є змінним елементом і втрачають складові під впливом різних природних та техногенних факторів, важливо мати електронну базу даних для оперативного відстеження їхнього стану.

Для підвищення престижу ботанічних садів України важлива їхня участь у виконанні рішень міжнародних конвенцій, зокрема щодо боротьби зі спустелюванням, змін клімату та збереження водних ресурсів. Це може покращити їхню діяльність і забезпечити захист різноманітності рослинного світу. Особливо важливою є організація збереження *ex situ* рослинності, що виходить за рамки діяльності ботанічних садів, а також активізація роботи в межах захисту природно-культурної спадщини.

Необхідно вживати послідовні заходи, спрямовані на підвищення значення ботанічних садів, дендропарків і університетів у збереженні біорізноманітності світової рослинності шляхом глибшого дослідження різноманітних аспектів біології розвитку рослин в умовах збереження *ex situ*, покращення якості освіти в основних поняттях, посилення зв'язку між освітою та науковими дослідженнями, координації спільних дій між ботанічними установами і зміцнення їх зв'язків з науковими та освітніми установами інших країн.

Поряд з цим, заклади вищої освіти повинні проявляти активну співпрацю для формування навчальних програм, спрямованих на підготовку спеціалістів у сфері збереження біорізноманітності рослин світової флори, з врахуванням потреб у знаннях з таксономії, систематики, структурної ботаніки, молекулярної біології, захисту рослин, інформаційних технологій та обліку колекційних фондів.

Таким чином ботанічні сади є важливими центрами збереження та дослідження біорізноманіття рослинного світу. Їхня роль у збереженні рідкісних та вразливих видів, у популяризації знань про рослинний світ, а також у наукових дослідженнях і освітніх програмах незаперечна. Професійний

Охорона, моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища

підхід до управління колекціями рослин, застосування сучасних технологій у вивченні та охороні рослин, співпраця з науковими установами та освітніми закладами різних країн — все це робить ботанічні сади ключовими установами у збереженні біорізноманіття флори та сприяє створенню стійкого майбутнього для нашої планети.

Список літератури

1. Андриан Дж. Роль стародавніх ботанічних садів у сучасних містах: на прикладі ботанічного саду Падуйського університету. *Науковий вісник*. 2001. № 11.5. С. 147-152.
2. Кобеньок Г., Закорко О., Марушевський Г. Збереження біорізноманіття, створення екомережі та інтегроване управління річковими басейнами : Посіб. для вчителів і громад. природоохорон. орг. Київ : Wetlands International Black Sea Programme, 2008. 200 с.
3. Кучеревський В., Шоль Г., Провоженко Т. Збереження фіторізноманіття степових екосистем у криворізькому ботанічному саду. *Роль ботанічних садів і дендропарків у збереженні та збагаченні біологічного різноманіття урбанізованих територій* : Матеріали міжнар. наук. конф., м. Київ, 28–31 трав. 2013 р. Київ, 2013. С. 31-33.

РОЗДІЛ 10

**ІСТОРІЯ НАУКИ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ
ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН**

УДК 373.091:613.955

**СУЧАСНЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЙОГО РОЛЬ У
ЗБЕРЕЖЕННІ ЗДОРОВ'Я ЗДОБУВАЧІВ ЗАГАЛЬНОЇ
СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

Барна Л. С., Жирська Г. Я., Мішук Н. Й., Степанюк А. В.

Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

E-mail: barna@chem-bio.com.ua; gyrska@chem-bio.com.ua;
mishchuk@chem-bio.com.ua; alstep04@gmail.com

Розвиток суспільства значною мірою визначається станом здоров'я підростаючого покоління. Здоров'я дітей може слугувати показником загального добробуту суспільства. Останнім часом в нашій державі має місце тенденція до погіршення здоров'я підростаючого покоління. Цьому сприяє складна екологічна ситуація, військові дії на території нашої держави, інтенсивні навчальні навантаження, недостатні можливості моніторингу стану здоров'я дітей тощо.

Аналіз досліджень з проблем здоров'я дітей свідчить про зростання кількості функціональних розладів, вроджених вад розвитку, розладів психіки і поведінки дітей та підлітків в Україні. За даними Шкіряк-Нижник З. А., Слободченко Л. М. та Числовської Н.В. у 70 % дітей молодшого шкільного віку індивідуальна, розумова та фізична працездатність не відповідає їх шкільному навантаженню. Надалі впродовж п'яти років навчання в школі у дітей у 3–4 рази зростає патологія органів травлення, у два рази — органів зору та нервової системи [2].

Основним соціально-детермінуючим фактором життєдіяльності дітей та підлітків є школа. Процес навчання у сучасних закладах загальної середньої освіти викликає чимало запитань у лікарів, педагогів та батьків учнів різного шкільного віку. Високий темп та ритм життя, модернізація освітнього процесу, інформаційне та навчальне перенавантаження,

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

психотравмуючі ситуації, обмеження фізичної активності, надмірна комп'ютеризація та захоплення дітей різноманітними гаджетами здійснюють негативний вплив на здоров'я школярів, сприяють виникненню функціональних розладів, які згодом переходять у стійкі патології. Існує окрема група хвороб, яку педіатри назвали «шкільними», це, зокрема, порушення постави, зору, анемія, нервово-психічні розлади.

Освітній процес є недостатньо адаптований до особливостей розвитку та стану здоров'я сучасних школярів. Саме через це упродовж навчання у школі зростає кількість дітей, які мають різноманітні захворювання. Однією з причин такого стану є недостатня підготовленість педагогів до діяльності з формування і збереження здоров'я учнів.

Важливу роль у збереженні здоров'я здобувачів загальної середньої освіти відіграє сучасне освітнє середовище. Через різне розуміння сутності освітнього середовища дослідниками, немає єдиного визначення цього поняття. Але найбільш поширеним є тлумачення освітнього середовища як сукупності об'єктивних зовнішніх умов, факторів, соціальних об'єктів, необхідних для успішного функціонування освіти. На нашу думку, слушним є також тлумачення освітнього середовища як сукупності усіх чинників, які впливають на організм дитини в процесі навчальної діяльності.

В «Концепції Нової української школи» зазначається, що однією із складових формули нової школи є «сучасне освітнє середовище, яке забезпечить необхідні умови для навчання учнів, освітян і батьків не лише в приміщенні навчального закладу» [1, с. 7].

Зважаючи на те, що згідно реформи НУШ суттєво зростає частка проєктної, командної та групової діяльності учнів, значних змін зазнає фізична просторово-предметна складова освітнього середовища. В цьому плані нагромаджений досвід облаштування сучасного освітнього середовища початкової школи: сучасний дизайн, ергономічність навчального простору, пристосованого до ефективного використання інтерактивних технологій навчання, створення умов для рухової активності учнів, використання ІКТ в освітньому процесі, оновлення бази для вивчення предметів природничо-математичного циклу, сприяння інклюзивній освіті.

Сучасне освітнє середовище має бути творчим, мотивувати учнів до навчання, сприяти розвитку їх пізнавального інтересу. Осучаснення освітнього середовища має здійснюватися через ефективну індивідуалізацію освітнього процесу шляхом задоволення базових потреб кожної дитини:

- у допомозі і підтримці;
- у пізнанні та діяльності;
- у розвитку здібностей та задатків;
- у збереженні та підвищенні самооцінки.

Важливу роль у сучасному освітньому середовищі відіграє психологічний та емоційний добробут здобувачів освіти, який досягається шляхом уникнення та попередження психотравмуючих ситуацій. Останні можуть мати місце через конфлікти між вчителем та учнем, учнів між собою, між вчителем та батьками, батьками та учнями, через ситуації, пов'язані із булінгом, проблемами адаптації в освітньому середовищі.

На нашу думку, вчителі в організації освітнього процесу мають здійснювати його валеологічний супровід: дбати про дотримання валеологічних вимог до уроку, використовувати здоров'язбережувальні технології, створювати ситуації творчості та успіху для учнів, максимально реалізовувати індивідуальний та диференційований підхід до здобувачів освіти.

Сучасне освітнє середовище має бути безпечним для учасників освітнього процесу. Особливо актуальною є ця проблема в умовах військових дій на території нашої держави. Йдеться про наявність безпечних укриттів, гнучкий графік освітнього процесу, який передбачає поєднання традиційного, дистанційного та змішаного навчання, надання здобувачам освіти кваліфікованої психологічної допомоги.

Отже, сучасне освітнє середовище закладів загальної середньої освіти має бути творчим, відкритим, інформаційним, безпечним для фізичного і психічного здоров'я здобувачів освіти, персоніфікованим для кожного з них. Тобто, сучасні заклади загальної середньої освіти мають бути закладами для всіх і водночас закладами для кожного. За цих умов можливим є збереження здоров'я школярів, зростання їх творчої активності та максимальна реалізація творчого потенціалу.

Список літератури

1. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи / за заг. ред. М. Грищенка. Київ: 34 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf> (дата звернення 30.03.2024 р.)
2. Шкіряк-Нижник З. А., Слободченко Л. М., Числовська Н. В. та ін. Психоемоційний стан підлітків – учнів загальноосвітніх шкіл. Збірник наукових праць співробітників КМАПО ім. П .Л. Шупика. 2004. Вип. 13. Кн. 1. С. 389-393.

УДК 37.091.39:57.06:044(477)

**ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДИК І
ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ БІОЛОГІЧНИХ
ДИСЦИПЛІН В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**

Вакерич М.М.^{1,2}, Гасинець Я.С.¹

¹ДВНЗ "Ужгородський національний університет",

²Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

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

В сучасних реаліях, науково-технічний прогрес, розвиток біотехнологій, глобальні зміни клімату тощо вимагають від фахівців-біологів нових знань і вмінь, які мають відобразитися у змісті відповідних дисциплін. Тому виключно важливим є розгляд актуальних аспектів змісту вивчення дисциплін природничого спрямування, інноваційні методики та технології викладання, які можуть допомогти в підготовці здобувачів вищої освіти до практичної професійної діяльності [4].

Незважаючи на свою консервативність та обережність у впровадженні інновацій, освітня спільнота України, мимоволі, виявилась готовою до цифрових трансформацій. Визначальний вплив на це мали пандемія Covid-19 та війна в Україні [2].

Біологічні дисципліни є важливим компонентом навчального процесу в закладах вищої освіти, оскільки вони дають здобувачам можливість набути фундаментальних знань

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

про природу та живі організми. У зв'язку з постійним оновленням даних, що стосуються біологічних досліджень, зміст біологічних освітніх компонент також постійно еволюціонує, що потребує оновлення підходів до навчання та викладання [4].

Важливим аспектом також є використання інноваційних методик і технологій навчання, що можуть зробити вивчення біологічних дисциплін більш. До таких методик належать, наприклад, інтерактивні методи навчання, дистанційне навчання, віртуальні лабораторії, засоби інтерактивного навчання тощо [1, 3].

Зокрема, інтерактивні методи навчання дають здобувачам можливість активно взаємодіяти з матеріалом, виконувати завдання та отримувати миттєву зворотну інформацію. Засоби дистанційного навчання також можуть стати ефективним інструментом, особливо у випадку віддалених регіонів, де доступ до викладачів і лабораторій обмежений [5]. Використання віртуальних лабораторій та інших комп'ютерних програм може значно збільшити кількість експериментів, які здобувачі можуть провести, та допомогти їм у набутті більше практичних навичок. Такі інноваційні методики та технології навчання можуть допомогти покращити якість та ефективність навчального процесу та зробити вивчення дисциплін біологічного спрямування більш зрозумілим і цікавим для студентів [4].

Не менш важливим є обґрунтування мотивації та практичного спрямування здобутих компетенцій здобувачами в ході вивчення дисциплін біологічного спрямування. Для досягнення більш високого рівня мотивації до вивчення природничих освітніх компонент використовують різні методики та підходи, які забезпечують активну участь здобувачів в ході навчання та розвиток їхніх пізнавальних інтересів. До таких методів можна віднести застосування інтерактивних технологій, проведення практичних занять із використанням сучасних приладів, організацію науково-дослідницької роботи студентів, участь у наукових конференціях, семінарах і воркшопах. Важливим є також створення сприятливого навчального середовища, де здобувачі можуть почувати свою важливість і значущість для процесу навчання, а також де вони можуть отримати потрібну допомогу та підтримку від викладачів і колег [4].

Застосування інтерактивних технологій у вивченні дисциплін біологічного спрямування дає здобувачам можливість отримати більш якісне та ефективне навчання, зрозуміти складні біологічні процеси. Однак кожна з новітніх технологій має свої переваги та недоліки, які необхідно врахувати під час їх використання. Зокрема, віртуальні лабораторії дають здобувачам можливість проводити експерименти без ризику для здоров'я та без зниження витрат на лабораторне обладнання, проте вони можуть не забезпечити потрібних навичок роботи з реальним обладнанням. Симуляції та ігри допомагають здобувачам поглибити знання та вміння, проте вони не забезпечують детального аналізу та розуміння процесів, що відбуваються в реальних умовах. Електронні підручники та онлайн- курси передбачають гнучкий режим навчання і необмежений доступ до інформації, проте вони не гарантують належного рівня взаємодії між здобувачем і викладачем, а також не дають можливості набути практичних навичок роботи з реальним обладнанням. Тож використання інтерактивних технологій у вивченні біології повинно бути комплексним і збалансованим, з урахуванням переваг і недоліків кожної технології [4].

Безсумнівно важливою в ході вивчення біологічних дисциплін є роль відеоуроків, віртуальних лабораторій, ігрових технологій, онлайн- тестування та вебквестів, зокрема, у вивченні таких освітніх компонент, як біологія клітини, гістологія, генетика, екологія, біотехнологія, молекулярна біологія та інші. Один із найбільш ефективних методів у вивченні біології – використання імітаційних технологій і віртуальної реальності. Дані методи дають можливість здобувачам вивчати складні біологічні процеси та впливати на них в безпечному та контрольованому середовищі.

Отже, використання інноваційних методик і технологій при вивченні біологічних дисциплін є важливим інструментом для покращення якості та ефективності навчання. Вони можуть забезпечити більш активну участь здобувачів у процесі навчання та допомогти їм зрозуміти складні біологічні процеси, які досить важкі для сприйняття в ході використання класичних форм навчання.

Список літератури

3. Вакерич М. М., Гасинець Я. С., Гедзур Т. І. (2023).

- Практична реалізація інноваційних технологій навчання у закладах вищої освіти України в умовах енергетичної кризи: відповідь на сучасні виклики. Академічні Візії, 17., 2023. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7719225>.
4. Вакерич М. М., Гасинець Я. С., Белчгазі В. Й., Гедзур Т. І., Вайда П. В. Діджиталізація освітнього процесу ЗВО України в умовах пандемії COVID-19 та воєнного стану. Матеріали 77-ї підсумкової конференції професорсько-викладацького складу ДВНЗ «УжНУ». Серія «Біологія» (28 лютого 2023 р.). Том І. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. С. 26-27.
 5. Гасинець Я. С., Вакерич М. М., Куртяк Ф. Ф. Цифрова трансформація освіти майбутнього: стандарти, норми та правила. Академічні Візії, 16, 2023. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7605011>.
 6. Ловас П. С., Мірутенко В. В., Рошко В. Г., Вакерич М. М. Актуальні аспекти змісту біологічних дисциплін та інноваційні методики й технології їх навчання і викладання в закладах вищої освіти України. Академічні Візії, 19, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7781714>.
 7. Cherusheva G., Nowak B., Maksymenko A., Kabysh M., Vakerych M. Higher pedagogical education in the European Union: Innovative technologies. Revista Eduweb, 17(2), 2023. P. 257-266. <https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2023.17.02.22>.

УДК 373.5.091.33:57]:004

**ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ LEARNINGAPPS, ЯК
ОДНОГО ІЗ ЗАСОБІВ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ
БІОЛОГІЇ**

Затулівітер Т.О., Дефорж Г.В.

Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка

E-mail: deforzhav@gmail.com

Концепція розвитку освіти передбачає комплексну і глибоку модернізацію освіти на всіх його рівнях. Інформатизація

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

навчального процесу – одне з найважливіших завдань сучасної освіти. Вона пов'язана з розвитком наукомісткої бази навчальних закладів, перепідготовкою вчителів та їх адаптації до новітніх систем навчання. Використання сучасних комп'ютерних технологій, які є принципово новим засобом навчання і потужним інструментом пізнання, вимагає розвитку та якісного поліпшення методів і організаційних форм навчання.

Роберт І.В. досліджувала дидактичні проблеми та перспективи використання інформаційних технологій у навчанні, Машбіц Ю.І. визначив психологічні основи комп'ютерного навчання, Жалдак М.І. запропонував і обґрунтував систему підготовки педагога до використання інформаційної технології в навчальному процесі. Американському вченому Пейперту С. належить ідея «комп'ютерних навчальних середовищ», на якій базується більшість сучасних навчальних комп'ютерних програм. Він досліджував можливості комп'ютера як засобу для розвитку розумової діяльності учнів [3].

Інформаційно-комунікаційна технологія навчання (ІКТ) – це сукупність методів і технічних засобів реалізації інформаційних технологій на основі комп'ютерних мереж і засобів забезпечення ефективного процесу. Інформаційні технології стають потужним багатофункціональним засобом навчання. Їх використання привчає учня жити в інформаційному середовищі, сприяє залученню школярів до інформаційної культури [4].

Біологія є одним із тих навчальних предметів, що дає багатий матеріал для відпрацювання найрізноманітніших методів і прийомів роботи з інформацією, тому застосування ІКТ є особливо ефективним, оскільки дозволяє дуже швидко опрацювати цю інформацію і представити її у вигляді певної наочності: схем, фото, інфографіки тощо [5].

Для створення уроку біології з використанням ІКТ вчитель може використовувати низку комп'ютерних програм:

1. Навчально-інформувальні: енциклопедії, електронні підручники, навчальні відео та кінофільми.
2. Контрольно-тестові програми: Socrative, Kahoot, ClassMarker та інші.
3. Програми для створення презентацій та інших видів

наочності: Power Point, Canva та інші.

4. Навчально-ігрові програми: LearningApps, Classcraft та інші.

Застосовуючи на уроках біології мультимедійні технології, вчитель може демонструвати: мікросвіт клітини; ріст та розвиток організмів, еволюцію живих систем, розвиток життя на Землі, тобто за короткий час демонструвати процеси, які проходять впродовж місяців, років і навіть століть; знайомити з явищами що мають звукове відображення; проводити практичні та лабораторні роботи. Все це дозволяє вивести сучасний урок на якісно новий рівень; підвищувати статус вчителя; впроваджувати в навчальний процес інформаційні технології; розширювати можливості ілюстративного супроводу уроку; використовувати різні форми навчання та види діяльності в межах одного уроку; ефективно організовувати контроль знань, вмінь та навичок учнів; полегшувати та вдосконалювати розробку творчих робіт, проєктів, рефератів [5].

Цікавим і корисним для використання в навчальному процесі є платформа LearningApps.org – безкоштовний сервіс, який дає змогу створювати інтерактивні вправи. Він є конструктором для розробки різноманітних завдань із різних предметних галузей для використання і на уроках, і в позаурочний час. LearningApps – мультимовний сервіс, його можна налаштувати 22 мовами, зокрема, українською. Інтерфейс платформи побудований зрозуміло. Конструктор LearningApps призначений для розроблення та зберігання інтерактивних завдань, за допомогою яких учні можуть перевірити і закріпити свої знання в ігровій формі, що сприяє формуванню їх пізнавального інтересу.

Для початку роботи вчителеві треба створити акаунт в онлайн середовищі LearningApps, вибрати в галереї сервісу вправи певного формату та за бажанням створити власні вправи. LearningApps дозволяє створювати яскраві, цікаві вправи, вбудовувати до їх змісту ілюстрації, анімації, звук і відео. Також вчитель може створювати власні класи, додавши до них акаунти учнів. Це дає можливість здійснити перевірку самостійної роботи дітей як на уроках, так і вдома.

Комбінуючи окремі блоки, можна створювати інтерактивні завдання для школярів у формі вікторини, пазла, гри-перегонів,

стрічки часу, інтерактивного зображення – загалом 19 типів завдань.

Також для роботи передбачені 5 зручних інструментів: груповий чат, голосування, календар, нотатки та дошка оголошень. У кожному з них вчитель може робити зручні налаштування.

Сервіс LearningApps надає можливість отримання html-коду для того, щоб інтерактивні завдання були вбудовані на сторінки сайтів або блогів вчителів і учнів [1].

У процесі переходу від традиційних методик викладання до навчання з використанням ІКТ, виникає проблема вивчення інформаційних засобів навчання, оптимальних у співвідношенні організації та результатів навчального процесу, зокрема, формування в учнів певних предметних компетентностей як передумови їх подальшої професійної освіти [2].

Список літератури

1. Аман І.С. Інтернет-сервіс мультимедійних дидактичних вправ LearningApps. Інтернет-сервіси в освітньому просторі [Електронний ресурс]. URL: <http://internet-servisi.blogspot.com/p/learning-apps.html> (дата звернення: 25.03.2024).
2. Вакуленко Т.М. Формування пізнавальних інтересів на уроках хімії за допомогою ІКТ. Сторінка вчителя хімії та біології [Електронний ресурс]. URL: <https://sites.google.com/site/ugroidy/сторінки-педагогів-закладу-освіти/сторінка-вчителя-хімії-та-біології> (дата звернення: 25.03.2024).
3. Литвиненко О.І., Палічева Г.В. Використання інформаційно-комунікаційних технологій для підвищення якості екологічної освіти. Центр еколого-натуралістичної творчості учнівської молоді херсонської області [Електронний ресурс]. URL: <https://junnat.kherson.ua/using-ict-to-improve-quality-of-environmental-education.htm> (дата звернення: 24.03.2024).
4. Фоменко О., Прокопенко Д. Інформаційно-комунікаційні технології в освітньому просторі. Технології дистанційного навчання: впровадження, розвиток, удосконалення: матер. міжнар. дистанційної наук.-метод.

конференції, 23-24 березня 2021р. / ред. кол.: Т.С. Прокопенко та ін. Харків, 2021. С. 372-374. [Електронний ресурс]. URL: <http://surl.li/saklb> (дата звернення: 24.03.2024).

5. Циганюк А.О. Використання мультимедійних презентацій на уроках біології. Сучасні проблеми освіти і виховання школярів. 2011. С. 25-29. [Електронний ресурс]. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/20522/1/Cyganjuk.pdf> (дата звернення 25.03.2024).

УДК 373.3.091.313:[5:62]STEM

ФОРМУЄМО ЕКОЛОГІЧНУ КОМПЕТЕНТНІСТЬ: STEM-ПРОЄКТИ

Коваль В. О., Богдан. Т.М., Кисла О.Ф.

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

E-mail: kovalchernigov@gmail.com

Актуальність досліджуваної проблеми визначено посиленням ролі STEM-освіти як одного з пріоритетних напрямів модернізації освіти. Ефективним засобом реалізації STEM-освіти в початковій школі, як зазначає А. Рахманіна – є проектна діяльність учнів. Виконання навчальних проєктів передбачає дослідницьку діяльність школярів із декількох предметів, спрямовану на самостійне отримання результатів під керівництвом учителя. Відносна незалежність шкільних предметів, їх слабкий взаємозв'язок перешкоджають формуванню цілісного сприйняття світу. Засобом для вирішення цієї суперечності є міжпредметна інтеграція в освіті, метою якої є формування в учнів системності знань [2] .

Засобом інтеграції ключових і загальнопредметних компетентностей, навчальних предметів та предметних циклів є наскрізні лінії, які визначені Концепцією Нової української школи. Серед них наскрізна лінія «Екологічна безпека і сталий розвиток», яка в першу чергу, вирішує питання формування екологічної компетентності здобувачів освіти. Метою статті є висвітлення досвіду використання STEM-проєктів як засобу формуванні екологічної компетентності молодших школярів.

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

У літній період (серпень 2022 р.) на базі Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка було організовано літню школу для дітей «Чернігів – це Ми!». Частина майстер-класів була присвячена науково-дослідній роботі екологічного спрямування з учнями у рамках STEM-освіти. Наводимо приклад заняття на тему «Чарівний папір», розробленого нами на основі авторської програми Т. М. Богдан «Наука – це цікаво!» для учнів початкової школи.

Загальна мета заняття: формування наукового світогляду, навичок ощадливого використання природних ресурсів, навичок повсякденно - побутової практичної діяльності, створення ситуації успіху, підтримка позитивного емоційного стану дітей, розвиток творчих здібностей.

1. **Вступна частина.** Бесіда з дітьми за питаннями: «Як часто ви використовуєте папір? Який він буває? З чого виготовляють його? Де винайшли папір?». Перегляд і обговорення презентації «Історія і властивості паперу».

2. Основна частина.

Завдання 1. Виготовлення паперу з вторинної сировини (I частина завдання). Методика проведення дослідження описано у публікації [1].

Обладнання і матеріали: макулатура різних типів (папір для друку, газети, журнали, паперові рушники, пергамент, картонні лотки для яєць тощо), ємність з водою для замочування макулатури, блендер занурювальний, марля, дерев'яна дошка, качалка.

Завдання 2. Властивості паперу.

Обладнання і матеріали: папір різних типів (папір для друку, газети, журнали, паперові рушники, пергамент), три склянки, вода.

Дослідження властивостей паперу проводиться в декілька етапів:

1. Розірвати різні види паперу.
2. Згорнути папір у декілька шарів і розірвати.
3. Розтягувати папір у різні сторони.
4. М'яти і розгортати.
5. Педагог пропонує дітям покласти аркуш паперу для друку А4 на дві склянки, а зверху поставити третю склянку з

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

водою. Після багаторазових спроб діти приходять до висновку, що папір потрібно згорнути щільною гармошкою і тільки після цього проводити дослід.

Завдання 3. Паперовий човник.

Обладнання і матеріали: папір для друку А4, дві ємності з водою прямокутної форми.

Педагог пропонує дітям виготовити човники у техніці оригамі. Далі пропонується провести змагання і з'ясувати, чий човник краще попливе. Діти діляться на дві команди. Два гравці (по одному з кожної команди) опускають човники на воду і по команді починають на них дмухати. Перемагає той, чий човник допливе до протилежного «берега». Потім змагається наступна пара.

Завдання 4. Як закип'ятити воду у паперовій коробці?

Обладнання і матеріали: паперовий стаканчик, свічка, сірники, вода.

Дітям пропонується проблемне питання: «Чи можна у паперовому стаканчику нагріти воду?» Думки дітей розходяться. Педагог пропонує перевірити. Дослід проводить педагог, дотримуючись правил протипожежної безпеки. Спочатку підносимо до свічки з вогнем пустий паперовий стаканчик. Він спалахає. Стаканчик терміново опускаємо у холодну воду, яка приготовлена заздалегідь. Наливаємо воду у паперовий стаканчик і тримаємо над свічкою, що горить. Дно стаканчика темніє від кіптяви, але вода потроху починає грітися. Педагог дає дітям доторкнутися до води і оцінити її температуру. Нагріти можна навіть до кипіння.

Завдання 5. «Музика паперу».

Обладнання і матеріал: папір для друку А4.

Педагог радить дітям спробувати за допомогою паперу створити різні звуки (пом'яти, постукати, потрясти, тримаючи за кінчик тощо). Діти намагаються створити певні звуки. Дорослий пропонує: «А тепер давайте організуємо паперовий оркестр». Звучить музика, під яку діти у такт «грають на паперовому інструменті».

Фізкультхвилинка. Уявимо себе аркушем паперу. Педагог бере у руки аркуш і звертає увагу дітей на те, що верхні кути будуть імітувати рухи рук, а нижні – рухи ніг. Потім під музику

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

педагог починає робити аркушем різні рухи, діти повторюють рухи своїм тілом (повороти, підняття і опускання рук і ніг, нахили, присідання). Потім педагог зминає аркуш і робить з нього кульку. Діти імітують цей рух.

Завдання 6. Виготовлення паперу з вторинної сировини (II частина завдання)[1].

Завдання 8. Малюнок.

Обладнання і матеріал: виготовлений папір, акрилові фарби, пензлики.

Педагог пропонує: «Давайте спробуємо малювати на папері, який ви щойно виготовили». Акрилові фарби не розтікаються, тому можна малювати на вологому папері. Діти малюють на свій розсуд. Після того малюнки розкладаються на досушування.

III. Заключна частина. Підведення підсумків. Рефлексія.

Отже, підсумовуючи основні результати роботи літньої школи із використання STEM-проектів для молодших школярів можна зробити висновки, що такі проекти допомагають учням інтегрувати знання з різних дисциплін під час вирішення реальних (в цьому випадку, екологічних) проблем, генерувати нові ідеї, формують ціннісні орієнтації. Така робота спонукає до практичного застосування знань, сприяє особистісному розвитку дитини та формує екологічну компетентність.

Список літератури

1. Богдан Т.М., Коваль В.О. Використання елементів STEM-освіти для формування позитивної мотивації учнів. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка Серія педагогічна. Випуск 29, 2023 С. 90-94.
2. Рахманіна А. С. Реалізація STEAM-освіти в початковій школі шляхом проектної діяльності. Вісник Глухівського Національного педагогічного університету імені Олександра Довженка, Педагогічні науки. Випуск 50, 2022, С.186-192.

НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЙ ПРАКТИКУМ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ ЯК ФОРМА РЕАЛІЗАЦІЇ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ХІМІЇ З БІОЛОГІЄЮ

Ковба І., Гладюк М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

nnglad@tnpu.edu.ua

Диференціація навчання, яку забезпечує навчання в профільній школі, покликана задовольнити різноманітні пізнавальні запити учнів, розкрити і розвинути їх задатки і здібності, адаптувати навчальний процес до особливостей учнів, сприяти їх творчому саморозвитку. Перед методикою навчання хімії постало завдання з'ясування специфічних особливостей змісту, форм і методів навчання хімії в профільних класах

Особливість профільних класів полягає в рівні спеціалізації і проявляється в глибині вивчення відповідних навчальних предметів і широті охоплення контингенту старшокласників. Поглиблене вивчення передбачає досить високий рівень підготовки учнів і водночас обмежує їх число.

Спектр профільних класів досить різноманітний, однак при цьому, як правило, домінують класи природничо-наукового (хіміко-біологічного), фізико-математичного і гуманітарного профілів. В існуючих класах хіміко-біологічного профілю актуальними залишаються проблеми оновлення хімічного експерименту та методики його включення в освітній процес.

Насамперед йдеться про переорієнтування навчання з простого засвоєння предметів на отримання навичок, умінь на їх основі аналізувати процеси, що відбуваються навколо і самостійно приймати рішення.

Такий підхід до формування мети навчання передбачає здійснення кардинального переходу від традиційного інформаційно-пояснювального підходу, орієнтованого на передачу готових знань, до діяльнісного підходу, спрямованого не лише на засвоєння знань, але й на зразки і способи мислення та діяльності, на розвиток пізнавальних сил і творчого потенціалу учня.

Хімія як навчальний предмет використовує не тільки теоретичний апарат мислення, але й експериментальні методи, які підтверджують або заперечують теоретичні прогнози розумової учнів. Хімічні експерименти, які проводяться на уроках хімії, мають здебільшого ілюстративний характер і використовуються тільки для підтвердження вивчених явищ. Разом з тим учням доцільно пропонувати не тільки ілюстративні досліди, але й досліди проблемного та міжпредметного характеру, які забезпечують активізацію пізнавальної діяльності учнів, учать самостійно мислити, розвивають інтерес до предмета, поглиблюють знання, розширюють світогляд і часто виводять на новий рівень розуміння раніше вивчених питань шкільної програми. Міжпредметний дослідницький практикум доповнює традиційний експеримент, дає змогу вчителю всебічно в цікавій і захоплюючій формі ознайомлювати учнів із сутністю процесу, що вивчається.

Предметом нашого дослідження стали зміст та методика проведення навчально-дослідного практикуму з хімії в класах хіміко-біологічного профілю.

Під час проведення проблемних експериментів учні здійснюють перенесення знань на незнайомі об'єкти, активно беруть участь в евристичних формах організації роботи, набуваючи глибоких і міцних знань. В той же час такі експерименти демонструють багатогранну картину досліджуваних явищ і взаємозв'язок властивостей речовин, а також їх залежність від різних факторів. Крім того, виконання тільки стандартних, передбачених шкільною програмою дослідів, мало стимулює творчу діяльність учнів на заняттях і не зовсім відповідає специфіці самої хімічної науки. Для неї характерний експеримент, який найчастіше має дослідницький або проблемний характер. В своїй роботі ми розуміли проблемний експеримент як форму застосування дослідницького експерименту в навчанні, яка дає змогу створити проблемну ситуацію і викликати інтерес учнів до пошуку причин явищ, що спостерігаються.

В ході дослідження з'ясувалось, що використання проблемних експериментів на уроках хімії має деякі труднощі. Час і обсяг програмового матеріалу, які відводяться на урок,

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

часто не дозволяють ознайомити учнів з різними класичними дослідженнями, зрозуміти суть проблеми і пояснити її. Тому дуже багато питань залишаються не розглянутими.

В процесі роботи нами модифіковано методику виконання вже існуючих дослідів, а також розроблено ряд нових для створення та обговорення проблемних навчальних ситуацій на уроках хімії в профільній школі, ілюстрації єдності хімічної та біологічної картин світу. Нами розроблено ряд експериментів, серед яких: «Визначення хімічним шляхом якісного складу біологічних об'єктів», «Визначення фосфатів, йонів Кальцію та Магнію в кістковій тканині», «Виявлення взаємозв'язку між властивостями речовин та їх біологічними функціями», «З'ясування сутності і моделювання процесів, що відбуваються в природі та живих організмах» та ін. Це відкриває нові можливості для розвитку творчої активності учнів, формування в них пізнавальної самостійності, а також для подолання перевантаження школярів, для підвищення ефективності навчально-виховного процесу.

Такі експерименти можна проводити як на уроках, так і на факультативних заняттях, оскільки техніка виконання дослідів проста, не потребує складного обладнання, а зміст і структура міжпредметного дослідницького експерименту забезпечують належний рівень оволодіння учнями знаннями та вміннями з хімії та біології, позитивно впливають на розвиток мислення учнів, створюють умови для росту пізнавального інтересу до предметів природничого змісту.

Список літератури

1. Момот Л.Л. Проблемно-пошукові методи навчання в школі / Л.Л Момот. – К.: Освіта, 2005. – 63 с.
2. Хімія. 10-11 класи. Профільний рівень. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>

**ХІМІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ
ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ
МЕТАЛІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У КУРСІ ХІМІЇ**

Малік Л., Гладюк М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка,
e-mail: nnglad@tnpu.edu.ua

Одним із способів організації навчальної діяльності школярів є керування їх пізнавальною активністю. Як результат це розвиток особистості і основа для набуття життєвого досвіду. На сучасному етапі розвитку освіти йде мова про формування проблемного підходу при вивченні навчальних предметів.

Як відомо із багатьох сучасних джерел проблемне навчання – тип навчання в основі якого лежить особливий спосіб взаємодії учня та вчителя через систематичну навчально-пізнавальну діяльність по засвоєнню нових знань і навичок шляхом розв'язання навчальних проблем.

В наш час проблемне навчання має певні особливості. Самостійна проблемно-пошукова діяльність учня, яка займає основну частину тривалості уроку, робить навчання більш доказовим і сприяє перетворенню знань в переконання. Учні займаються діяльністю, властивій саме уроку хімії, а саме науково-дослідницькою. Проблемне навчання здійснюється в умовах наявності проблемної ситуації, готовності учня до пошуку розв'язку, можливості неоднозначного шляху розв'язання.

Аналіз науково-методичної літератури з проблеми дослідження показав, що кожна навчальна проблема може виражатися у вигляді запитання або завдання. Але не кожне запитання або завдання є проблемним: якщо запитання передбачає репродуктивну відповідь, воно не може вважатися проблемним; не будуть проблемними й експериментальні завдання, що потребують проведення дослідження на підставі відомих теоретичних положень. Запитання й завдання вважаються проблемними тоді, коли містять певні суперечливі дані, а отже, зумовлюють роздуми й пошуки, узагальнення, висновки, викликають інтерес, передбачають застосування

учнями здобутих знань і досвіду.

Аналіз методичної літератури засвідчив, що створювати проблемні ситуації та розв'язувати їх можливо за допомогою різних методів, а також із використанням різних видів хімічного експерименту – демонстрацій, лабораторних дослідів, практичних робіт. Досвід педагогів показує, що посилення дослідницької функції експерименту в навчанні хімії створює підґрунтя для його застосування у проблемному навчанні.

Інформаційні функції вчителя стають мінімальними, зате зростає роль його управлінської діяльності: він організовує дії учнів щодо усвідомлення проблеми, самостійного висунування ними гіпотез, по визначенню шляхів вирішення проблемного завдання, співвіднесення отриманих результатів з висунутими припущеннями і, нарешті, по їх узагальненню.

Розглянемо методичні аспекти застосування проблемних дослідів під час вивчення окремих типів шкільного курсу хімії. У коротких методичних вказівках щодо їх проведення звертаємо увагу на назву дослідів, його мету, необхідні реактиви та обладнання, актуалізацію наявних знань, формулювання проблеми, висунення гіпотези, розв'язання проблеми, висновки.

Лабораторний дослід. Тема: добування і властивості ферум(III) гідроксиду та ферум(II) гідроксиду.

Мета: дослідити властивості і можливість добування ферум(II) та (III)гідроксидів.

Реактиви та обладнання: ферум(III) хлорид, ферум(II) сульфат, розчин натрій гідроксиду, штатив із пробірками. Пам'ятайте! Будьте уважними при роботі з лугами!

Актуалізація наявних знань для усвідомлення проблем. Учням з курсу хімії 9 класу відомі загальні властивості класів неорганічних сполук. У вступній бесіді вони відновлюють у пам'яті умови класифікації і хімічні властивості цих речовин.

Створення проблемної ситуації та формулювання проблеми.

Ферум, виявляючи ступені окислення +2 і +3, утворює два гідроксиди з певними характерними їм властивостями. За допомогою яких реакцій можна визначити йони феруму Fe^{2+} та Fe^{3+} ?

Ставиться проблема: за допомогою дослідів перевірити,

якими властивостями вони відрізняються.

Висунення гіпотези. Учні передбачають що відмінність властивостей ґрунтується на будові атома і здатності віддавати певне число електронів при взаємодії з атомами інших елементів.

Розв'язання проблеми і висновки.

Дослід 1. Добування ферум(II) гідроксиду.

У пробірку з розчином ферум(II) хлориду об'ємом 2 мл додайте поступово розчин натрій гідроксиду до випадання осаду синьо-зеленого кольору. Складіть відповідні рівняння хімічних реакцій у йонних формах.

Дослід 2. Властивості ферум (II) гідроксиду.

Розділіть уміст пробірки разом з утвореним осадом на три частини.

Першу – залиште на повітрі, до другої – додайте 1 мл хлоридної кислоти, а до третьої – 1 мл розчину лугу. Що спостерігаєте? Чому в першій пробірці осад одразу змінив забарвлення із жовто-зеленого на бурий, у другій – розчинився, у третій – не розчинився?

У першій пробірці колір осаду ферум(II) гідроксиду змінився внаслідок його окиснення киснем повітря.

У другій – осад ферум (II) гідроксиду розчинився в хлоридній кислоті, прореагував з нею.

Що це доводить? Розчинення ферум (II) гідроксиду в кислоті підтверджує його основні властивості.

У третій – змін не відбулося, оскільки ферум(II) гідроксид не взаємодіє з основами, що так само свідчить про його основні властивості.

Дослід 3. Добудьте ферум(III) гідроксид. Розділіть вміст пробірки разом з утвореним осадом на дві порції. До однієї долийте 1 мл хлоридної кислоти, до іншої — таку саму кількість розчину лугу. Що спостерігаєте? Чому осад у пробірці з кислотою розчинився, а з лугом — ні? Складіть відповідні рівняння хімічних реакцій у йонних формах.

Учні пояснюють сутність пророблених дослідів, складають рівняння реакцій і доходять висновку, що розпізнати солі феруму можна за характерними реакціями. Відмінності в кислотно-основних та окисно-відновних властивостях сполук феруму(II) і феруму(III) пояснюються різними значеннями ступенів

окиснення Феруму в них.

Висновки.

1. Проблемні ситуації можливо створювати і розв'язувати за допомогою хімічного експерименту та експериментальних завдань.

2. Проблемна ситуація виникає на основі виконання експерименту, що потребує теоретичного пояснення, або має теоретичний характер.

3. Систематичне виконання експериментальних завдань у поєднанні з їх теоретичним обґрунтуванням дає можливість більш глибокого проникнення в сутність інформації, що вивчаються, сприяє формуванню в учнів цілісного наукового підходу до вивчення хімії.

Список літератури

1. Буринська Н.М., Величко Л. П. Викладання хімії у 10-11 класах загальноосвітніх навчальних закладів. К.: "Перун". 2002. 240 с.
2. Гладюк М. М. Дидактичні матеріали з хімії. 10 клас. Тернопіль: Підручники і посібники, 2018. 96 с.

УДК 929Векірчик

**ВЕКІРЧИК К. М.: ЛЮБОВ ДО ПРИРОДИ ВПРОДОВЖ
ЖИТТЯ**

Москалюк Н. В., Мостецька О. І., Карпець Ю. А., Чабан М. С.

Тернопільський національний педагогічний університету
імені Володимира Гнатюка

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

Діяльність та наукова спадщина видатних учених містить у собі не тільки неймовірно важливі для розвитку всесвітньої науки факти та відкриття, а також багато цікавих таємниць. Та ще більшою таємницею є самі видатні вчені – люди, які присвятили своє життя розвитку науки. Одним із таких діячів є Кузьма Миколайович Векірчик – видатний український вчений, відомий своїми дослідженнями з фізіології рослин, мікробіології, блискучий майстер популяризації наукових досягнень. Талановитий дослідник, обдарований глибоким розумом і хистом тонкого експериментатора, винятково спостережливий натураліст, принципова і мужня, скромна і працьовита людина,

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

мудрий учитель молоді – таким пам'ятають його учні й колеги, науковий доробок якого займає гідне місце серед вітчизняних учених, які своєю науковою, педагогічною та громадською працею зробили вагомий внесок у розвиток освіти й науки та становленні незалежності Української держави.

15 вересня 2024 р. виповнилось би 95 років від дня народження Кузьми Миколайовича, який народився в 1929 р. у селі Задубрівці, тепер Снятинської міської громади Коломийського району Івано-Франківської області у сім'ї селян-батраків. Упродовж свого життя професор Векірчик К. М. зберіг характерну йому працелюбність та працездатність, виявляв жвавий хист до навчання та любов до природи. Тому не випадково, після закінчення семирічної школи, він вступив до Снятинського сільськогосподарського технікуму, а відтак, у 1952 р. на біологічний факультет Чернівецького державного університету, а пізніше закінчив аспірантуру, захистивши кандидатську дисертацію.

Більша частина життя (з 1969 р.) професора Векірчика К. М. була пов'язана з кафедрою ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, в якому він читав для студентів географічного та хіміко-біологічного факультетів теоретичні курси з фізіології рослин, мікробіології з основами вірусології, спецкурси «Фітопатологія», «Живлення і продуктивність рослин», проводив лабораторні заняття, навчальну практику, керував виконанням курсових, дипломних і магістерських робіт тощо. Досліджував вплив мікроелементів і біологічно активних речовин на симбіотичну фіксацію азоту з атмосфери, ріст, розвиток і продуктивність бобових рослин. Автор підручників та посібників з фізіології рослин і мікробіології («Фізіологія рослин», «Мікробіологія з основами вірусології», «Лабораторний практикум з мікробіології» та ін.).

Упродовж життя Кузьма Миколайович досліджував властивості рослинного світу, зокрема, у 1999 р. видав довідник «Отруйні лікарські рослини», який розійшовся чималим тиражем всією Україною. У посібнику-довіднику наведені короткі відомості про найбільш поширені отруйні лікарські рослини, їх ботанічні та фармакологічні характеристики та райони

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

поширення, подано українські та латинська назви, а також їх еквіваленти у місцевих говірках. Особлива увага приділяється практичному застосуванню цих рослин у народній медицині та заходам безпечної поведінки з ними.

Виняткової уваги заслуговує журналістська діяльність Бекірчика К. М., зокрема, перша «спроба пера» була ще у 1948 р. із невеликої статті у районній газеті. Далі все своє життя Кузьма Миколайович не полишав художнього слова, популяризуючи біологічну науку, описуючи важливі події в житті держави та життєвий шлях і діяльність багатьох своїх друзів, співробітників тощо. У 1996 р. в журналі «Освітянин» рецензував і редагував статті, під рубриками «Світ навколо нас» та «Особистості», започаткував серію статей про дивовижні витвори природи й відомих педагогів Тернопільщини та сусідніх областей. У доробку вченого – багато цікавих, оригінальних праць, які й нині зберігають наукову і пізнавальну цінність у вивченні природи. Понад 170 навчально-методичних і науково-популярних публікацій, зокрема, «Повторне цвітіння каштанів», «Чи реагують рослини на добрі (ласкаві) та недобрі слова?», «Чи розмовляють рослини?», «Таємниця білих рослин (про альбіноси)», «Чому бульби картоплі бувають зеленими», «Цікава фізіологія рослин (фотосинтез і космічна біологія)», «Дещо про дивовижні витвори природи у світі комах, птахів та інших тварин», «Мікроорганізми та сучасна біотехнологія», «Каштанам загрожує велика небезпека», «Чи є пам'ять у рослин?», «Дивовижні плоди і насіння у царстві рослин», «Зелені синоптики», «Знайома незнайомка або ще раз про земляну грушу», «Дещо про парниковий ефект і фотосинтез», «Рослини і працездатність людини», «Загадковий світ рослин», «Цікава мікробіологія. Дещо про бактерії, які плавають, користуючись власними «магнітними компасами» та ін.

Дозвілля Кузьма Миколайович віддавав своїм захопленням – фотографуванню витворів природи, а також вирощуванню та навчанню розмовляти австралійських довгохвостих папуг-німф, що було його хобі, якому приділяв переважну більшість свого вільного часу. Одним із «талановитих» вихованців професора за рік навчання було засвоєно велику кількість слів і фраз. Наприклад, папуга говорив: «Здоров Кузьма», «Кузя, я тебе

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

люблю», «Кузя, Слава Україні», насвистував мелодію гімну України, що викликало у всіх великий подив і захоплення.

Визначальними ознаками особистого характеру професора Векірчика К. М. були його людяність, життєвий оптимізм, щира любов до України, українського слова, природи і бажання прийти на допомогу тим, хто цього потребує. На надгробній плиті могили Кузьми Миколайовича, яку він замовив ще за свого життя, розміщена епітафія: «Всім серцем любив тя рідна земле, як син до матері горнувсь, а коли прийшла моя година, я у твоє лоно повернувсь», а з протилежної сторони плити – світлина з папугою і вигравіювано напис: «Любіть і охороняйте братів наших менших».

Життєвий шлях та творчі досягнення Кузьми Миколайовича дійсно стали прикладом для всіх його колег та численних учнів – студентів, аспірантів, докторантів. Для них він став Учителем з великої літери, який щедро ділився власним талантом, знаннями та життєвим досвідом. Світла пам'ять про професора Кузьму Миколайовича Векірчика – відомого вченого фізіолога рослин, мікробіолога, педагога, журналіста, мудрого наставника, принципову, чуйну і душевну людину – назавжди збережеться в серцях усіх, хто мав честь знати його, навчатися у нього, працювати та спілкуватися з ним.

Список літератури

1. Векірчик Кузьма Миколайович. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Векірчик_Кузьма_Миколайович (дата звернення: 2.04.2024).
2. Конончук О. Б., Пида С. В. Кузьма Миколайович Векірчик – відомий вчений-педагог, журналіст, громадський діяч (до 90-річчя від дня народження). Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія. 2019. № 3 (77). С. 84–91.
3. Кузьма Векірчик: біобібліографічний покажчик / уклад.: О. Б. Конончук, С. В. Пида; відп. за вип. І. А. Чайка. Тернопіль: ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2010. 115 с.
4. Мельничук Б. Векірчик Кузьма Миколайович. Тернопільський енциклопедичний словник. 2004. Т. 1: А -

Й. С. 233–234.

5. Світла пам'ять про колегу: [про Кузьму Миколайовича Векірчика – професора кафедри ботаніки ТНПУ ім. В. Гнатюка] / кол. ред. журн. «Освітянин». Освітянин. 2009. №6. С. 31.

УДК 58:069.029+634.6+502.14

БОТАНІЧНИЙ РОЗСАДНИК ЯК БАЗА ДЛЯ БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ВИХОВАННЯ

Парубок М.І.

Уманський національний університет садівництва

E-mail: m.parubok69@gmail.com

У сучасних умовах знання про природу залишаються одними з основних складників біологічної освіти. Засвоєння предмету пов'язується передусім із здатністю застосовувати знання у повсякденному житті. Для цього важливим є набуття особистого досвіду активної діяльності, посилення світоглядного компоненту, формування ціннісних орієнтацій у ставленні до живих об'єктів навколишнього світу. Основу і зміст сучасних освітніх процесів становить інноваційна діяльність, яка полягає в оновленні педагогічного процесу, внесенні нового у традиційну систему освіти. Прагнення постійно оптимізувати навчально-виховний процес зумовило появу нових і вдосконалення використовуваних раніше педагогічних технологій різних рівнів і різної цільової спрямованості, що направлені на максимальну активізацію студентів у ньому [1].

Одним із завдань ботанічних розсадників і садів є здійснення науково-дослідної, навчальної та еколого-освітньої роботи. Ботанічні розсадники як і сади активно задіяні у реалізації різних навчальних програм та практичних занять студентів, учнів шкіл, на їх базі проводять навчально-консультативні семінари для фахівців з інших, або дотичних галузей. Нині колекція розсадника залишається базою навчальної та наукової підготовки студентів спеціальностей 091 Біологія, 201 Агрономія, 202 Захист рослин, 203 Плодоовочівництво та виноградарство, 205 Лісове господарство, 206 Садовопаркове

господарство [2].

Спочатку, ще в Одесі, це були розсадники, дослідні ділянки та колекції рослин, після переведення училища з Одеси до Умані продовжувалися разом із колекцією використовуватися старі методи роботи, та створюватися нові. Уже в 1976 році було створено ботанічний сільськогосподарський розсадник, який став основною базою в регіоні з розповсюдження рідкісних та маловідомих рослин і слугував навчальним підрозділом для вивчення культурних і дикорослих рослин та місцем для виконання наукових досліджень.

Крім здійснення навчальної ролі, ботанічний розсадник виконував ще й освітньо-виховну та просвітницьку роботу з питань ботаніки, екології, охорони природи, селекції рослин, декоративного садівництва, садово-паркового мистецтва та захисту і карантину рослин. Окрім цього, посадковий матеріал з розсадника надавався безкоштовно для закладання «шкільних садків» на той час у Київській, Подільській, Чернігівській і Волинській губерніях [2].

За всю історію свого існування ботанічний розсадник пройшов низку реконструкцій але завжди він виконував основні завдання – збереження та вивчення рідкісних і маловідомих рослин, а також їх інтродукцію, акліматизацію і розмноження в спеціально створених умовах ефективного господарського використання видів місцевої і світової флори. Це давало можливість створити матеріально-технічну базу для підготовки висококваліфікованих та знаючих свою справу фахівців.

З самого початку формування ботанічний розсадник був поділений на дві частини – основну колекцію, де за систематичним принципом були представлені переважно трав'яні рослини, а також деякі низькорослі напівкущі і кущики. Високорослі деревні та кущові рослини висаджувалися окремо у арборетумі, який розташований поруч із основною колекцією.

Загалом, за останній 45-річний період існування ботанічного розсадника на його основній частині було випробувано 1329 видів та кілька сотень сортів трав'яних рослин із 497 родів, 75 родин. На сьогодні у колекції налічується 385 видів із 230 родів, 55 родин. За весь період у арборетумі випробувано близько 200 видів, а нині тут налічується 91 вид, із

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

63 родів, 31 родини.

Найбільш чисельні за кількістю видів родини класу Liliopsida (=Monocotyledonae): Liliaceae, Poaceae ; класу Magnoliopsida (=Dicotyledonae): Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae, Brassicaceae, Lamiaceae, Ranunculaceae та ін.

Розсадник поділено на відділи: лісопаркова зона, колекція лікарських рослин, систематична колекція, колекції багаторічних декоративних рослин та ділянка для проведення наукових досліджень студентами, аспірантами кафедри садово-паркового господарства.

У лісопарковій зоні зростають рідкісні, реліктові деревні та кущові красивоквітучі рослини, зокрема: *Aristolochia macrophylla* Lam., *Buddleja davidii* Franch., *Calycanthus occidentalis* Hook. & Arn., *Deutzia scabra* Thunb., *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.) Maxim., *Exochorda racemosa* (Lindl.) Rehder., *Euonymus nanus* M. Bieb., *Ginkgo biloba* L., *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser., *Kerria japonica* (L.) DC, *Kolkwitzia amabilis* Graebn., *Liriodendron tulipifera* L., *Magnolia kobus* DC, *Malus niedzwetzkyana* Dieck. ex Koehne, *Prunus triloba* Lindl., *Rhododendron luteum* Sweet., *Staphylea pinnata* L., *Syringa persica* L., *Taxus baccata* L., *Weigela floribunda* C.A. Mey, різні види *Cotoneaster* Medik., *Spiraea* L. і багато ін. [4]

Лісопаркова зона – призначена для вивчення екологічних умов зростання та фітоценотичного впливу компонентів.

Колекція лікарських рослин – створена для проведення екскурсій і лекцій, ознайомлення студентів з біоекологічними особливостями та їх різноманітністю. Частина видів лікарських рослин є досить декоративними і можуть з успіхом використовуватися в озелененні. З метою популяризації різнопланового використання лікарських рослин на базі УНУС проводяться круглі столи, конференції, виставки тощо.

Колекція декоративних рослин постійно поповнюється інтродуцентами, і призначена для вивчення студентами, аспірантами особливостей рослин, розробки технології вирощування та використання у зеленому будівництві. Тут висаджено колекцію видів і сортів троянд, сакури, калістефусу, півників, півоній, а також є рідкісні види (*Ginkgo biloba* L., *Taxus baccata* L., *Magnolia kobus* Thunb., *Liriodendron tulipiferum* L.,

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

Pulsatilla nigricans Storck. і *P. Grandis* Wend., *Adonis vernalis* L., *Rhododendron luteum* Sweet., *Euonymus nana* Bieb., *Scopolia carniolica* Jacq., *Coronilla elegans* Panc. та ін.) [3].

Колекційний розсадник має надзвичайну наукову цінність і перспективність, яка необхідна для оволодіння майбутньою професійною діяльністю випускників, проведення наукових досліджень викладачами, аспірантами, докторантами та невід'ємною базою з розмноження і розповсюдження інтродукованих видів рослин і їх популяризація.

Бережливе ставлення до навколишнього середовища не можливе без виховання любові до світу живого. Яскраві враження, краса, позитивні емоції під час проведення уроків природи на відкритому повітрі допоможуть виховати здорове і екологічно-відповідальне покоління людей.

Охорона природи в цілому і охорона рідкісних видів рослин зокрема, є запорукою сталого розвитку людства в умовах стрімкого розвитку технологій та збільшення забруднення навколишнього середовища. Ботанічні розсадники, сади і дендропарки є осередками збереження флористичного різноманіття і охорони рідкісних і зникаючих рослин, що вже занесені до Червоної книги України.

Список літератури

1. Заїменко Н. В. Про сучасний стан, проблеми і перспективи збереження та збагачення рослинного різноманіття в ботанічних садах і дендропарках України (стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 1 липня 2015 року) // Вісник Національної академії наук України, 2015. № 9. С. 33–38.
2. Каталог рослин ботанічного розсадника Уманського національного університету садівництва. Довідковий посібник / авт.-упоряд. Т. В. Мамчур, Г. А. Чорна, М. І. Парубок, О. В. Свистун, Н. В. Михайлова; за ред. д-ра с.-г. наук В. П. Карпенка. – Умань: Видавець «Сочінський М. М.» 2023. – 238 с.
3. Кравець Т. О., Парубок М. І., Свистун О. В. Інтродукція та акліматизація рослин в умовах колекційного розсадника Уманської ДАА. Ресурсознавство, колекціонування та охорона різноманіття : матеріали

Всеукр. наук.-практ. конф., м. Полтава, 20 верес. 2002 р. Полтава, 2002. С. 192–196.

4. Свистун О.В. Роль колекційного розсадника Уманського НУС у підготовці фахівців садово-паркового господарства / О.В. Свистун, Т.В. Мамчур, М.І. Парубок // Агробіологія: Збірник наукових праць / Білоцерків.нац.аграр.ун-т. – Біла Церква, 2012. – Вип. 8(94). – С.13-15.

УДК 37.064:373.016:5

ТЕХНІКИ ФАСИЛІТАЦІЇ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧОГО ЦИКЛУ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Петрів Л. В., Барна Л. С.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: lidiaPETRIV44@gmail.com; barna@chem-bio.com.ua

У вимірі нових освітніх реалій особливо запитаними є знання щодо взаємодії учнів та педагога, засновані на спільній діяльності, рівноправності, підтримці, довірі й взаєморозумінні. Це актуалізує необхідність реалізації технік педагогічної фасилітації, що передбачає включення учнів до навчальної діяльності, створення передумов самоорганізації та саморозвитку особистості в освітньому середовищі.

Термін «фасилітація» походить від англ. facilitate – «допомагати, полегшувати, сприяти», був запроваджений впливовим американським психологом, одним із лідерів гуманістичної психології К. Роджерсом, і став використовуватися для означення стилю управління [4]. Як стверджував К. Роджерс, завданням учителя є «дозволити учню вчитися, плекати його власну допитливість» [5, с. 11].

Фасилітація в освітньому процесі сприяє встановленню доброзичливої робочої атмосфери співпраці між педагогом і учнями, задоволенню їх соціокультурних та інтелектуальних запитів, передбачає свободу вибору прийняття рішень, бажання набувати нових знань. Фасилітація відрізняється від традиційного підходу до навчальної діяльності, оскільки вона зосереджена на

активному залученні учнів до процесу навчання, стимулюванні їх критичного мислення та наданні їм можливості для колективної роботи та взаємодії. Фасилітатор, як правило, не є основним джерелом знань, а скоріше провідником, який допомагає групі досягти бажаного результату через взаємодію та співпрацю. Фасилітація дозволяє педагогу зайняти позицію не «над», а «разом» із учнями.

Під технікою фасилітації ми розуміємо специфічний вид педагогічної діяльності, що орієнтує вчителя на створення сприятливих умов для організації навчального простору, залучення та сприяння розкриттю потенціалу учнів, а також підтримку дітей у досягненні навчальних цілей [3].

Особливе місце для застосування техніки фасилітації належить дисциплінам природничого циклу, особливо в контексті STEM-освіти. Проведення уроків та позакласних заходів з предметів природничого циклу з урахуванням техніки фасилітації дозволяє вчителю сформувати в учнів системне мислення, навички розв'язання проблем та критичного аналізу, які є ключовими для ефективної спільної роботи групи та вирішенню проблем серед вихованців.

Під час використання техніки фасилітації необхідно забезпечити наявність спільної мети всім учасникам, тоді весь процес буде спрямовано на її досягнення. Те, що може бути важко чи незрозуміло одному учаснику, стає досяжним у процесі спільної діяльності. Техніка фасилітації робить значний вплив на усі компоненти освітнього процесу, щоб кожен крок ставав актом творчості.

У процесі вивчення предметів природничого циклу доцільно використовувати такі підходи та методи, які сприяють техніці фасилітації:

- розвиток аналітичних навичок: природничі науки вимагають глибокого аналізу даних та експериментальних результатів, що розвивають здатність до аналітичного мислення;
- інтеграція з технологіями: природничі науки часто інтегруються з новітніми технологіями, що сприяють розвитку технічних навичок, необхідних для сучасної фасилітації;
- екологічна свідомість: природничі науки виховують екологічну свідомість та розуміння взаємозв'язків у природі, що є

важливим для розвитку сталого мислення [1].

Фасилітація не просто модифікує освітнє середовище, а докорінно перетворює його. Саме середовище стає умовою «ситуації успіху». Природничі науки, як фундаментальна основа, забезпечують необхідні знання та навички для такої фасилітації.

В освітньому процесі з предметів природничого циклу, на нашу думку, доцільно використовувати такі техніки фасилітації як:

1. Практика презентацій. Допомогає учням навчатися ефективно презентувати свої думки перед аудиторією.

2. Мозковий штурм. Сприяє розвитку мислення і допомагає генерувати нові ідеї та різноманітні підходи до вирішення завдань.

3. Ділові та рольові ігри. Розвивають комунікативні навички і сприяють засвоєнню матеріалу через практичний досвід.

4. Дискусії та дебати. Допомогають учням розвивати навички аргументації і критичне мислення.

5. Дослідницький метод. Сприяє активному вивченню матеріалу та розвитку самостійності.

Ці техніки сприяють формуванню ключових компетентностей учнів, зокрема природничо-наукової грамотності, яка є важливою для сучасної освіти. Вони допомагають школярам краще розуміти наукові концепції, робити обґрунтовані висновки та розвивати творчий потенціал у галузі природничих наук.

Використання технік фасилітації при вивченні предметів природничого циклу дає можливість отримати не тільки якісний, ефективний результат, окрім цього процес роботи надихає та мотивує учасників освітнього процесу.

Список літератури

1. Бережний О. О. Педагогічна фасилітація як засіб підвищення ефективності роботи учнів на уроках природничого циклу. Актуальні питання сучасної науки та освіти: III матеріали Міжнародної наук.-практ. конф., 10–11 чер. 2021. Львів : Львівський науковий форум, 2021. С. 19–20. URL: <http://lviv-forum.inf.ua/save/2021/10-11.06.2021/202.pdf> (дата

- звернення: 20.03.2024).
2. Кравченко Н. В., Остертаг А. І. Використання методу фасилітації при вивченні природничих дисциплін. Науковий простір: актуальні питання, досягнення та інновації: матеріали III Міжнародної наукової конференції, 13 трав. 2022 р. Хмельницький, 2022. С. 413–416. URL: <https://archive.mcmd.org.ua/index.php/conference/proceeding/article/download/1010> (дата звернення: 21.03.2024).
 3. Топол В. Що таке фасилітація і як вона може допомогти вчителю в класі. Нова українська школа. URL: [https://nus.org.ua/shho-take-fasylyitatsiya-i-yak-mozhe-dopomogty-vchytelyu -v-klasi/](https://nus.org.ua/shho-take-fasylyitatsiya-i-yak-mozhe-dopomogty-vchytelyu-v-klasi/) (дата звернення: 21.03.2024).
 4. Rogers C. R. The Interpersonal Relationship in the Facilitation of Learning. In Humanizing Education. Ed. T. Leeper. National Education Association, Association for Supervision and Curriculum Development. Boston : Houghton Mifflin, 1967. 118 p.
 5. Rogers C. R. Freedom to learn for the 80's. Columbus – Toronto – London – Sydney : Ch. E. Merrill Publ. Company, A Bell & Howell Company, 1983. 312 p.

УДК 371

САМОСТІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ЯК КОМПОНЕНТ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧОЇ ГАЛУЗІ

¹Степанюк А. В., ²Дубиняк Н. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: ¹alstep@tnpu.edu.ua; ²I_dubyniak@ukr.net

Як свідчить практика, особливості сучасної освіти зумовлені, насамперед, зміною концептуальних підходів до формування її змісту на рівнях нормотворчої сфери відображувальної діяльності (загальнотеоретичного уявлення, навчального предмета, навчального матеріалу). Перехід із суб'єкт-суб'єктної (учень/студент – вчитель/викладач) на

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

полісуб'єкту (здобувач освіти – вчитель/викладач – комп'ютер) освітню парадигму та переорієнтація функції учня/студента із отримувача знань на здобувача знань значно вплинули на формування змісту освіти і на рівні педагогічної діяльності. Зокрема, це стосується самостійної роботи здобувачів освіти, її питомої ваги в освіті.

Педагогічно доцільно організована самостійна робота спонукає здобувачів освіти отримувати навчальну інформацію з різноманітних джерел (від підручника – до Internet-джерел), формує в них навички самостійного планування й організації власної траєкторії освітнього процесу. Відповідно змінюється соціальна роль майбутнього вчителя, сучасні структурно-рольові позиції педагога в освітньому процесі (модератора, фасилітатора, ментора, тьютора, коуча). Все це створює позитивні умови для переходу до неперервної освіти (самоосвіти), дає змогу максимально використати сильні особистісні якості завдяки самостійному вибору часу і способів роботи, джерел інформації тощо. Тому заклади освіти активно переходять від передачі інформації до керівництва навчально-пізнавальною діяльністю, формування у здобувачів навичок самостійної творчої роботи.

Широка інтерпретація поняття «самостійна робота» включає сукупність усієї самостійної діяльності студента в аудиторії та поза її межами, в контакті з педагогом або без нього. У структурі навчального навантаження студента самостійна робота розглядається як один із основних компонентів навчальної діяльності і займає значну частину його навчального навантаження. Так, на першому (бакалаврському) рівні освіти вищої освіти співвідношення аудиторних занять до самостійної роботи складає 50:50, а на другому рівня – 30:70 на користь самостійної роботи. При цьому, кількість самостійної роботи здобувачів освіти на аудиторному занятті нормативно на окреслена.

Проведений аналіз літературних джерел [1-5] засвідчив, що самостійна робота – це складне педагогічне явище, особлива форма навчальної діяльності, спрямована на формування самостійності здобувачів освіти, нормативно визначених компетентностей (знань, умінь, навичок, комунікації, відповідальності). Вона здійснюється за умови запровадження

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

відповідної системи організації усіх видів навчальних занять.

Вивчення сучасної практики організації самостійної роботи здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП Середня освіта (Природничі науки) шляхом проведеного анкетування (26 респондентів) дозволило зробити висновок, що самостійна робота здобувача є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає: опрацювання навчального матеріалу, підготовку до лекцій та інших видів навчальних занять, виконання індивідуальних завдань, підготовку кваліфікаційної роботи, науково-дослідну роботу тощо. Розвиток комп'ютерних технологій дав змогу урізноманітнити методи самостійної роботи, запровадити індивідуальну траєкторію навчання.

Реалізація на освітній програмі принципу «первинності освітнього продукту», який передбачає, що створений студентами особистісний зміст освіти випереджає вивчення освітніх стандартів і загально визнаних досягнень, надає самостійній роботі здобувачів освіти особистісну значимість, конкретизує особистісну орієнтацію і природодощільність навчання, пріоритет внутрішнього розвитку студента перед засвоєнням заданого ззовні. Студент, якому надана можливість розкрити свої потенціальні можливості, оволодіває технологією творчої діяльності, створює освітній продукт - іноді більш оригінальний, ніж загально визнане рішення цього питання. Традиційна діяльність із «вивчення знань» замінюється діяльністю зі «здобування знань».

Одним із найбільш популярних засобів представлення самостійного освітнього продукту здобувачів освіти є розробка мультимедійних презентацій та проведення на їх основі міні лекцій, порівняння презентацій, виконаних різними здобувачами освіти. 24 респонденти (92,3%) схвалюють підготовку есе з рефлексією власної діяльності, ставлень, емоцій, компетентностей, а також своїх колег та викладачів. При цьому, здобувачі освіти із задоволенням наводять власну аргументацію під час постановки, мети й завдань, відбору методів і засобів, організації, здійснення оцінки контролю та корекції навчальної діяльності.

Таким чином, сучасна вища освіта вимагає інноваційних

підходів до організації самостійної роботи здобувачів освіти. Інформатизація суспільства, вимоги до освітнього процесу у вищій школі, які пов'язані з інтеграцією України до європейського освітнього простору. вимагають інноваційних підходів до організації самостійної роботи здобувачів освіти. Апробація окремих з них здійснюється в даний час на хіміко-біологічному факультеті Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Уже є перші позитивні результати.

Список літератури

1. Кульга Н. К. Використання інноваційних технологій навчання – запорука успіху якісної підготовки фахівців. Проблеми освіти. 2000. Вип. 22. С. 75-84.
2. Літвінчук С. Б. Сучасні підходи до організації самостійної роботи студентів у вищій школі. Наукові праці. 2012. Вип. 146, т. 158. С. 65-69.
3. Малихін О.В. Організація самостійної навчальної діяльності студентів вищих педагогічних навчальних закладів: теоретико-методологічний аспект : монографія. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. 307 с.
4. Степанюк А. В., Розводовська Л. В. Формування у школярів Soft skills у процесі вивчення предметів природничої освітньої галузі // Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2023 : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 100-річчю від дня народження відомої вченої-ботаніка, систематика і флориста, кандидата біологічних наук, доцента, завідувача кафедри ботаніки Шиманської Валентини Омелянівни (11–13 травня 2023 р.). Тернопіль : Вектор, 2023. С. 322-325.
5. Цись О.О. Організація самостійної навчальної діяльності студентів технолого-педагогічних спеціальностей засобами ІКТ : навчально-методичний посібник. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2017. 150 с.

ІНТЕГРУВАННЯ МЕТОДИКИ МОНТЕССОРІ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС З БІОЛОГІЇ У СТАРШІЙ ШКОЛІ

Чисельська В. Л., Міщук Н. Й.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: chyselskay_nika1996@ukr.net

На сьогоднішній день є безліч методик навчання. Кожна з них має як свої позитивні сторони, так і негативні. Проте педагогіка наших днів повинна дотримуватись гуманістичних концепцій виховання, дитиноцентризму. Ми повинні не просто передавати знання учням, а готувати їх бути відповідальними дорослими людьми. Одна з найзатребуваніших методик навчання, виховання та розвитку дитини це методика, яку запровадила дослідниця, педагогиня Марія Монтессорі – видатна італійська жінка, яка стала однією з перших жінок докторів медицини, психологиня та гуманістка. Саме вона вважала, що зміна освіти, її реформування – це одне з перших, що потрібно зробити для того, щоб дитина змогла реалізувати свій потенціал на повну. М. Монтессорі вважала, що «будь-яка реформа освіти має спиратись на особистість людини. Сама людина має стати центром освіти, і ми не маємо ніколи забувати, що людина починає свій інтелектуальний ріст не в університеті, а від самого народження, і його слід стимулювати протягом перших трьох років життя з величезною інтенсивністю...» [1, с. 24]. Це твердження одне з основних постулатів її філософських ідей. Проте таке твердження стосується не тільки дітей молодшого віку. Потрібно розуміти особливості розвитку кожного вікового періоду, щоб зробити процес навчання найбільш комфортним та плідним для дітей.

Важливо розуміти, що навчання будь-якого шкільного навчального предмета/інтегрованого курсу не повинно ґрунтуватись на бажанні отримати оцінку та бездумно проходити тестування у жорстких та стресових умовах. Адже освіта – це природний процес, природне бажання розвиватись та досліджувати те, що є довкола нас. Серед основних постулатів педагогіки Марії Монтессорі, хочемо виділити саме те, що кожна

дитина має внутрішню мотивацію до роботи та знань. Завдання вчителя – направляти та підтримувати її. Адже ми не можемо порівнювати здібності дітей. Кожен з них є індивідуальністю, яка має власні потреби та потребує іншого підходу. Такий індивідуальний підхід також пропагували і українські науковці, зокрема В. Сухомлинський у статті «Індивідуальний підхід до учнів» писав: «Зуміти правильно підійти до цих індивідуальних особливостей дитини, використати ці особливості для правильного виховання – в цьому суть майстерності індивідуального підходу до дітей» [3, с. 132].

Діти, які навчаються у старшій школі, віком 15–17 років мають свої особливості. Насамперед вони пов'язані із тим, що їхні підліткові зміни уповільнюються. Таким чином вони стають більш відкритими до нових знань та напруженішої наукової діяльності. Це допомагає їм поєднувати наукову діяльність з соціальною, громадською роботою, тощо. Для того, щоб зрозуміти, якими саме повинні бути уроки біології в старшій школі, потрібно розуміти, чого саме потребують діти в цей час. Марія Монтессорі дослідила, що починаючи з підліткового віку (12 років) дитина стає «новонародженим» у соціумі. Адже саме в підлітковому віці вона починає самостійно ставати частиною соціуму. Для комфортного входу в суспільство, потрібно розуміти її правила та вимоги, вчитись дотримуватись їх, тощо. В той же час підліткам стають цікаві всі процеси, які є навколо них. Тому М. Монтессорі називала їх «дітьми Землі». В класичній школі Монтессорі в цей період діти навчаються у школах-фермах, де вони контролюють всі процеси, задовольняючи таким чином свої потреби. В таких школах поруч з навчальними кампусами є грядки, теплиці, сараї з тваринами, курники, лабораторії, музеї, бібліотека та інші об'єкти інфраструктури, які потрібні дітям. Усередині кампусів чи території створюються також місця для споглядання чи медитацій. Адже винятково важливою потребою підлітка є усамітнення, абсолютно решту часу він соціальний. У таких школах діти дбають про себе самі, у їх обов'язки входить:

- виростити собі їжу;
- приготувати їжу;
- прибрати;

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

- побудувати те, що необхідне для них (місце для відпочинку, місце для зберігання дров, тощо);
- виконати завдання для підтримки ферми (наприклад, з очищення стічних вод чи виробництва товарів, які потім продаватимуться і, таким чином, підтримуватимуть мікроекономіку ферми);
- вирішити загальні питання на зборах, тощо.

Звісно у реаліях нашого життя ми не можемо забезпечити всім цим кожному школу, проте ми можемо взяти елементи навчання та виховання до освітнього процесу. Насамперед – це дослідження за вибором учня. Вивчення біології у старшій школі потребує ґрунтовних знань з предмету, які вони здобували раніше. Отже вони можуть їх застосовувати та поглиблювати під час вивчення нових тем. Проте вивчення теми може проходити в лабораторіях, на фермах, в теплицях, тощо. Для цього потрібно мати договори адміністрації школи з фермами неподалік чи виділити місце на території школи, наприклад, для теплиці. Також можуть бути організовані походи (виїзди) на деякий час на природу, де діти зможуть досліджувати природу навколо, робити висновки та в майбутньому створювати проекти, які допоможуть зберегти природу, чи не дозволити паразитам рослин розмножуватись, тощо. Ці напрямки школярі зможуть обрати самі, відповідно до пройдених тем та проведених досліджень.

Також підлітки цього віку потребують можливостей практичної самореалізації. Вони хочуть створювати та виробляти. Їм цікаво братися за «дорослі» завдання. Такі, наприклад, як реалізація власного бізнесу. Ці проекти, найчастіше, є природним стимулом для отримання знань, суміжних з сферою діяльності, що їх цікавить. Такий підхід дозволяє будувати навчання, ґрунтуючись на природній мотивації підлітка. Наприклад, вони можуть вивести новий гібрид фруктів та почати рекламувати його продаж, тощо.

Ідеї щодо реалізації проектів, їх розробки, презентації, тощо дають самі підлітки. Основне завдання вчителя – підтримувати та супроводжувати школярів у цьому. Адже, як казала Марія Монтессорі «Я бачу майбутнє не в тому, що люди підтверджують свої знання іспитами і після цього переходять із середньої школи до університету, а в особистостях, які

переходитимуть на більш високий рівень самостійності завдяки тому, що вони займаються тим, що їм подобається, і докладають зусиль, і волю для виконання цієї діяльності, в чому полягає особистісне зростання людини» [2].

Список літератури

1. Дичківська І.М., Поніманська Т.І. М. Монтессорі: теорія і технологія. Київ: Слово, 2009. 304 с.
2. Монтессорі М. Від дитинства до підліткового віку. Амстердам : Видавнича компанія: Монтессорі-Піерсон, 2007. 81 с.
3. Сухомлинський В.О. Розвиток індивідуальних здібностей і нахилів учнів. Вибрані твори : в 5 т. Київ, 1977. Т. 5 : Статті. С. 130–147.

УДК 572.822:575:001.5]:098.3”452”Левитський

**ДО СТОЛІТТЯ З ДНЯ ВИДАННЯ «МАТЕРІАЛЬНИХ
ОСНОВ СПАДКОВСТІ» ГРИГОРІЯ АНДРІЙОВИЧА
ЛЕВИТСЬКОГО**

Щербатюк Т. Г., Букорос Т. О.

Київський національний університет технологій та дизайну
E-mail: shcherbatiuk.th@knutd.edu.ua, bukoros.t@knutd.edu.ua

Опанувати науку, як таку, не вивчаючи її історії, неможливо, адже, історія науки спрямована не в минуле, яке ми не в змозі змінити, а в майбутнє, яке залежить від наших думок та подій. Наукові відкриття не виникають на порожньому місці. Вони є наслідком праці багатьох поколінь учених [1].

«Дорогому учителю Сергію Гавриловичу Навашину» присвятив професор Григорій Андрійович Левитський свої «Матеріальні основи спадковості» – працю, яку біологи вважають першим підручником з цитогенетики не лише у вітчизняній, а й в світовій науці. Ця книга як «спроба короткого, але систематичного викладу вчення про матеріальні основи спадковості, як самостійної дисципліни, що формується із синтезу експериментальної генетики, цитології, ембріології та механіки розвитку» [2], була завершена у липні 1923 року в Цитологічній лабораторії Наукового інституту селекції у Києві та

надрукована Державним видавництвом України у 1924 році. Екземпляри «Матеріальних основ спадковості» зберігаються у фондах, зокрема, Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського і Національної наукової медичної бібліотеки України [3].

У грудні 1921 р. на другому із з'їздів селекціонерів Головцукру було визнано за доцільне створити Інститут селекції в Києві. У 1922 р. на базі трьох лабораторій агрономічного факультету Київського політехнічного інституту цю ідею було реалізовано [1]. Результати, отримані в лабораторії, яку організував та очолював Григорій Андрійович Левитський, стали фундаментом виведення сортів цукрових буряків, що стали основою цукрової промисловості в усьому колишньому СРСР. Головною темою досліджень Г. А. Левитського стала морфологія хромосом, кардіологічна характеристика світової колекції рослинних культур і спонтанна еволюція видів буряків із метою використання цих досліджень відповідно до запитів практичної селекції й генетики [4].

«Матеріальні основи спадковості» Г. А. Левитського стали логічним узагальненням результатів власних досліджень, аналізу світової літератури та систематизації даних про основи спадковості як самостійної дисципліни. Окремі глави книги стали передбаченням цілих напрямів у генетиці, таких як цитоплазматична спадковість, епігенетика, філогенетика.

«Матеріальні основи спадковості» містять такі розділи: 1. Загальне вчення про зв'язок спадкових факторів з ядром; 2. Вчення про локалізації спадкових факторів; 3. Фенотип та каріотип; 4. Значення у спадковості цитоплазми; 5. Теорії спадковості та природа генів; 6. Каріогенетична еволюція [2].

100 років тому Г. А. Левитський запровадив поняття каріотип, і, як через 54 роки, коли стало можна вшанувати генія після багатьох років забуття, скаже його учениця О. О. Прокоф'єва-Бельговська «Якраз в цьому розумінні термін «каріотип» і отримав широке застосування. В сучасній цитології він використовується для морфологічної характеристики хромосомного набору виду. Як і передбачив Г. А. Левитський, введення ним в науку поняття «каріотип» прижилося назавжди і дало змогу систематикам отримати третій рівень наукових

Історія науки та методика навчання природничих дисциплін

досліджень наряду з існуючими «генотипом» і «фенотипом» [5]. Також 100 років тому Г. А. Левитський обґрунтував нову галузь – цитогенетику: «Вчення про матеріальні основи спадковості представляє область дослідження, що займає проміжне становище між «генетикою» у вузькому значенні цього терміну, тобто наукою про явища спадковості, і, цитологією, тобто наукою про клітину. В даний час це – нова дисципліна такого ж узагальненого характеру, як фізико-хімія в галузі неорганічної природи. У зв'язку з цим виникає потреба у її короткому найменуванні «гілогенетика» [2]. Нам належить простежити, коли «хромосоми» стали «хромосомами», і хто змінив термін Левитського «гілогенетика» на «цитогенетику». Важливо, що Левитський обґрунтував новий напрямок. Згадуються паралелі з історією ноосфери В. І. Вернадського, який обґрунтував у своїх працях про біосферу еволюційний перехід останньої на новий етап, але сам термін було запроваджено слухачами його лекцій.

Григорія Левитського, вже зрілого вченого, автора першого вітчизняного підручника з цитогенетики, запросив Микола Вавилов створити та очолити цитологічну лабораторію у Всесоюзному інституті прикладної ботаніки та нових культур.

Стрімка кар'єра принесла досліднику не лише світову славу й визнання, але і тяжкі випробування. 28 червня 1941 р. Левитського арештували по справі Вавилова, а 20 травня 1942 року, за офіційним повідомленням, Григорій Андрійович помер у тюремній лікарні [5].

Так, Григорій Андрійович Левитський, один з фундаторів світової цитогенетики, українець за походженням, який народився, навчався і працював в Україні протягом 47 років, загинув в Росії на 64 році свого життя...

Список літератури

1. Голда Д. М. Генетика. Історія. Відкриття. Персоналії. Терміни. Київ: Фітосоціоцентр. 2004. 128 с.
2. Левитский Г. А. Материальные основы наследственности. К.: Государственное издательство Украины, 1924. 166 с.
3. Щербатюк Т. Г., Букорос Т. О. Оцифрована книга – зв'язок поколінь. До століття з дня видання «Матеріальних основ спадковості» Григорія Андрійовича Левитського. Бібліотека. Наука. Комунікація. Актуальні

- питання збереження та інноваційного розвитку наукових бібліотек : матеріали Міжнар. наук. конф. (3–5 жовт. 2023 р.) / НАН України, Нац. б-ка України ім. В. І. Вернадського, Асоц. б-к України; відп. ред. О. М. Василенко, Київ, 2023. С. 326-328.
4. Роїк М. В., Ковальчук Н.С. Історія становлення та діяльності відділу генетики і цитології. С.41-43.// Буряківництво і біоенергетика в Україні: історія, наука, виробництво, люди (до 95-річчя ІБКіЦБ НААН України): монографія / за ред. академіка НААН України М. В. Роїка. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 352 с.
 5. Величко М. В., Стефаник В.І. Григорій Андрійович Левитський – український цитогенетик та каріосистематик. Цитология и генетика. 2010. №2. С. 71-76.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Матеріали

**ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ
ЧИТАННЯ –**

TERNOPIL BIOSCIENCE – 2024

VII Міжнародна науково-практична конференція,
присвячена 95-річчю від дня народження відомого
вченого-фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки,
професора Кузьми Миколайовича Векірчика
(18 – 19 квітня 2024 р., м. Тернопіль)

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

Підписано до друку 29.05.2024 р.
Формат 60x 84/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний 70 г/м². Друк електрографічний.
Умов.-друк. арк. 12,90. Обл.-вид. арк 10,30.
Тираж 100 примірників. Замовлення № 04/18/1-26.