

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Odesa National University Herald

•

Вестник Одесского
национального университета

•

ВІСНИК ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Серія: *Біологія*

Науковий журнал
Виходить 2 рази на рік
Серія заснована у липні 2007 р.

Том 25, випуск 2(47) 2020

Одеса
ОНУ
2020

Засновник та видавець:

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Редакційна рада журналу:

І. М. Коваль, д-р політ. наук (голова ред. ради); В. О. Іваниця, д-р біол. наук (заступник голови ред. ради); С. М. Андрієвський, д-р фіз.-мат. наук; В. В. Глебов, канд. іст. наук; Л. М. Голубенко, канд. філол. наук; Л. М. Дунаєва, д-р політ. наук; В. В. Заморов, канд. біол. наук; О. В. Запорожченко, канд. біол. наук; О. А. Іванова, д-р наук із соц. комунікацій; В. Є. Круглов, канд. фіз.-мат. наук; В. Г. Кушнір, д-р іст. наук; В. В. Менчук, канд. хім. наук; М. О. Подрезова, директор Наукової бібліотеки; Л. М. Солдаткіна, канд. хім. наук; В. І. Труба, канд. юрид. наук; В. М. Хмарський, д-р іст. наук; Є. А. Черкез, д-р геол.-мінерал. наук; Є. М. Черноіваненко, д-р філол. наук.

Редакційна колегія журналу:

А. Бюрнер, д.б.н., професор (Німеччина); С. Верба, к.б.н., (Польща); В. В. Заморов, к.б.н., доцент (Україна); В. О. Іваниця, д.б.н., професор (Україна); К. Ковальчик, д.б.н., професор (Польща); С. Н. Оленін, професор (Литва); С. А. Петров, д.б.н., професор (Україна); М. Ю. Русакова, к.б.н., доцент (Україна); З. Селка, к.б.н., (Польща); В. А. Трач, к.б.н., доцент (Україна); Г. Федак, професор (Канада); П. М. Царенко, д.б.н., професор, член-кор. НАНУ (Україна); С. В. Чеботар, д.б.н., член-кор. НААНУ (Україна) – *науковий редактор*; Т. Г. Алексєєва, к.б.н., доцент (Україна) – *відповідальний секретар*; Г. В. Майкова, к.б.н., доцент (Україна) – *відповідальний секретар*.

«Вісник Одеського національного університету. Біологія»
входить до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»);
Затверджено наказом МОН України № 1301 від 15.10.2019 р.

Українською та англійською мовами

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу інформації
Серія KB № 11455-328P від 7.07.2006 р.

Затверджено до друку Вченою радою
Одеського національного університету
імені І. І. Мечникова. Протокол № 5 від 24.11.2020 р.

Адреса редакції: 65082, м. Одеса, вул. Дворянська, 2
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
Тел: (+380-48) 68-79-32
E-mail: gerald.biology.onu@gmail.ru

ЗМІСТ

БІОХІМІЯ

Борщовецька В. Л., Михальчук Я. Р., Марченко М. М. ОСОБЛИВОСТІ ЛІПІДНОГО ОБМІНУ У ЩУРІВ ЗА УМОВ ВВЕДЕННЯ БІСФЕНОЛУ А ТА НИЗЬКОРІВНЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ	11
---	----

БОТАНІКА І ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

Герасимюк В. П. СУЧАСНИЙ СТАН ФІТОПЛАНКТОНУ ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕР	25
Шевчук Н. Ю., Коршиков І. І. ВПЛИВ СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОЇ ПОРУШЕНОСТІ ПРИРОДНИХ СТЕПОВИХ ФІТОЦЕНОЗІВ НА ЇХ ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА НАКОПИЧЕННЯ МОРТМАСИ	37

ГЕНЕТИКА ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

Моцний І. І., Молодченкова О. О., Смертенко А. П., Литвиненко М. А., Голуб Є. А., Міщенко Л. Т. СТВОРЕННЯ ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ З ОЗНАКАМИ СТІЙКОСТІ ДО ФІТОПАТОГЕНІВ	59
Чеботар Г. О., Олійник О. Є., Лавриненко Ю. О., Чеботар С. В. АПРОБАЦІЯ МАРКЕРНОГО АНАЛІЗУ ГЕНА TASNRK2.8-A НА СОРТАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ	83

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

Кулакова І. І. ФАУНА ВІЛЬНОЖИВУЧИХ НЕМАТОД УКРАЇНСЬКОЇ ЧАСТИНИ ГИРЛОВОЇ ОБЛАСТІ ДУНАЮ В СУЧАСНИЙ ПЕРІОД	97
Снігірьов С. М., Заморов В. В., Караванський Ю. В., Піцик В. З., Куракін О. П., Абакумов О. М., Люмкіс П. В., Снігірьов П. М., Морозов Ю. В., Квач Ю. В., Куцоконь Ю. К. ТАКСОНОМІЧНА ТА ЕКОЛОГО-ФАУНІСТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНОЇ ІХТІОФАУНИ ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ, ДНІСТРОВСЬКОГО ПЕРЕДГИРЛОВОГО УЗМОР'Я І ПРИБЕРЕЖНИХ ВОД О. ЗМІЙНИЙ	113

МІКРОБІОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ

Коваль І. З. ВПЛИВ АРГОНУ НА ДРІЖДЖІ В УМОВАХ КАВІТАЦІЇ	143
--	-----

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

Калиниченко Д. О., Шапова А. Ю. ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИЧНОГО СТАНУ ДІТЕЙ 15–17 РОКІВ	153
---	-----

Калиниченко І. О., Колесник А. С. ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ УВАГИ У ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ З РІЗНИМ РІВНЕМ ДОВІЛЬНОЇ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ	163
Савчук Г. Г., Язловицька Л. С. МОРФОМЕТРИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕМОЦИТІВ РОБОЧИХ БДЖІЛ <i>Apis Mellifera</i> L.	173

З'ЇЗДИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ

Сиволоб А. В. "ПРОСТОРОВИЙ ГЕНЕТИЧНИЙ КОД": СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ ХРОМАТИНУ В КЛІТИННОМУ ЯДРІ	188
Календар Р. М. МОБІЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ І МОЛЕКУЛЯРНІ МАРКЕРИ	189
Корзун В. М. МОЛЕКУЛЯРНА СЕЛЕКЦІЯ ЗЛАКІВ: ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ	190
Мулюкіна Н. А., Печенка Дж., Геретський Р. В., Еїчмеєр А. ГРИБИ, АСОЦІЙОВАНІ З ЗАХВОРЮВАННЯМ ВИНОГРАДУ НА ХВОРОБУ ЕСКА В УКРАЇНІ	191
Вербницька Т. Г. МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ ПАТОГЕНЕЗУ COVID-19	192
Сіроха Д., Городна О., Расвський А., Ложко Д., Лівшиць Г., Зелінська Н., Лівшиць Л. АНАЛІЗ ПАТОГЕННОСТІ МУТАЦІЙ, ВИЯВЛЕНИХ ЗА ПОВНОЕКЗОМНИМ СЕКВЕНУВАННЯМ У ПАЦІЄНТІВ З ОРФАННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ	193
Череватов О. В. Волков Р. А. МОЛЕКУЛЯРНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ ГЕНІВ ЦИТОХРОМ ОКСИДАЗИ С ТА РОЗПОДІЛ ПІДВИДІВ <i>APIS MELLIFERA</i> В УКРАЇНІ	194
Нестеркіна М. В., Білоконь С. В., Алексєєва Т. Г., Чеботар С. В., Кравченко І. А. ГЕНОТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ ТЕРПЕНОЇДІВ ТА ЇХ ПОХІДНИХ НА <i>DROSOPHILA</i> <i>MELANOGASTER</i>	195
Ридкін О. В., Кошла О. Т., Остап Б. О. МУТАЦІЇ ГЕНІВ ПОСТТРАНСКРИПЦІЙНОЇ МОДИФІКАЦІЇ тРНК <i>miaA</i> І <i>miaB</i> ВЕДУТЬ ДО ЗМІНИ РЕАКЦІЙ НА СТРЕСОВІ ЧИННИКИ У <i>STREPTOMYCES ALBUS</i> SAM2	196
Іщенко О. О., Мельник В. М., Кунах В. А., Волков Р. А. ВИКОРИСТАННЯ 5S рДНК ДЛЯ З'ЯСУВАННЯ ТАКСОНОМІЧНОГО СТАТУСУ <i>AVENELLA FLEXUOSA</i>	198
Попович Ю. А., Благодарова О. М., Чеботар С. В. ПОЛІМОРФІЗМ <i>GLI-B1</i> ГЕНІВ У СУЧАСНИХ УКРАЇНСЬКИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ	199

Топораш М. К., Чеботар С. В., Моцний І. І., Благодарова О. М., Сурділль П. МАРКЕРНА СЕЛЕКЦІЯ В ІНТРОГРЕСИВНІЙ ГІБРИДИЗАЦІЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ (<i>TRITICUM AESTIVUM</i> L.) З 1R ХРОМОСОМОЮ ЖИТА (<i>SECALE CEREALE</i> L.)	200
Білоконь С. В., Алексєєва Т. Г. ВПЛИВ МЕЛАНІНУ НА ПОКАЗНИКИ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ <i>DROSOPHILA</i> <i>MELANOGASTER</i>	201
Жарікова Д. О., Чеботар Г. О., Темченко І. В., Аксьонова О. А., Чеботар С. В. ПОЛІМОРФІЗМ МІКРОСАТЕЛІТНИХ ЛОКУСІВ, АССОЦІЙОВАНИХ З ГЕНАМИ <i>E</i> ФОТОПЕРІОДИЧНОЇ ЧУТЛИВОСТІ, В УКРАЇНСЬКИХ СОРТАХ І ЛІНІЯХ СОЇ	203
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ	206

CONTENTS

BIOCHEMISTRY

- Borschovetska V. L., Mykhalchuk Y. R., Marchenko M. M.**
THE FEATURES OF LIPID METABOLISM IN RATS UNDER THE CONDITIONS
OF BISPHENOL A ADMINISTRATION AND LOW-LEVEL
LASER IRRADIATION 11

BOTANY AND PLANT PHYSIOLOGY

- Gerasimiuk V. P.**
CURRENT STATE OF MICROALGAE OF THE LOWER DANUBE LAKES 25
- Shevchuk N. Y., Korshykov I. I.**
IMPACT OF THE DEGREE OF ANTHROPOGENIC DISTURBANCE OF NATURAL
STEPPE PHYTOCENOSSES ON THEIR PRODUCTIVITY AND ACCUMULATION
OF MORTMASS 37

GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY

- Motsnyi I. I., Molodchenkova O. O., Smertenko A. P., Lytvynenko M. A., Holub Ye. A.,
Mishchenko L. T.**
DEVELOPMENT OF INTROGRESSION LINES OF WINTER BREAD WHEAT WITH
TRAITS OF RESISTANCE TO PHYTOPATHOGENS 59
- Chebotar G. O., Oliinyk O. Ye., Lavrynenko Yu. O., Chebotar S. V.**
APPROBATION OF TASNRK2.8-A GENE MARKER ANALYSIS ON BREAD WINTER
WHEAT VARIETIES 83

HYDROBIOLOGY AND GENERAL ECOLOGY

- Kulakova I. I.**
FAUNA OF FREELIVING NEMATODES IN THE UKRAINIAN PART
OF THE DANUBE RIVER MOUTH AREA IN THE MODERN PERIOD 97
- Snigirov S. M., Zamorov V. V., Karavanskyi Y. V., Pitsyk V. Z., Kurakin O. P.,
Abakumov O. M., Liunkis P. V., Snigirov P. M., Morozov Y. V.,
Kvach Y. V., Kutsokon Y. K.**
TAXONOMIC AND ECO-FAUNISTIC FEATURES OF THE NOWADAYS FISH FAUNA
OF THE GULF OF ODESA, THE DNIESTER MOUTH FOREFRONT NEAR-SHORES
AND COASTAL WATERS OF THE SNAKE (ZMIINYI) ISLAND 113

MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY

- Koval I. Z.**
THE EFFECT OF ARGON ON THE YEAST UNDER CAVITATION 143

PHYSIOLOGY HUMAN AND ANIMALS

- Kalynychenko D. O., Shchapova A. Yu.**
INTEGRATED ASSESSMENT OF THE PHYSICAL CONDITION OF 15–17-YEAR-OLD
CHILDREN 153

Kalinichenko I. O., Kolesnyk A. S. EVALUATION OF ATTENTION INDICATORS IN PRESCHOOL CHILDREN WITH DIFFERENT LEVELS OF INTENTIONAL WORKING MEMORY	163
Savchuk G. G., Yazvovitska L. S. MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF HEMOCYTES IN WORKER BEES <i>APIS MELLIFERA</i> L.	173

CONGRESSES AND CONFERENCES

Sivolob A. V. "SPATIAL GENETIC CODE": STRUCTURAL ORGANIZATION OF CHROMATIN IN THE CELL NUCLEUS	188
Kalendar R. N. MOBILE ELEMENTS AND MOLECULAR MARKERS	189
Korzun V. N. MOLECULAR BREEDING IN CEREALS: CURRENT ACHIEVEMENTS AND FUTURE PERSPECTIVES	190
Muljukina N. A., Pečenska J., Geretskij R. V., Eichmeier A. FUNGI ASSOCIATED WITH GRAPEVINE TRUNK DISEASE – ESCA – IN UKRAINE	191
Verbytskaya T. G. MOLECULAR MECHANISMS OF COVID-19 PATHOGENESIS	192
Sirokha D., Gorodna O., Rayevsky A., Lozhko D., Livshyts G., Zelinska N., Livshits L. PATHOGENICITY ANALYSIS OF MUTATIONS DETECTED AFTER WHOLE EXOME SEQUENCING IN PATIENTS WITH ORPHAN DISEASES	193
Cherevatov O. V., Volkov R. A. MOLECULAR POLYMORPHISM OF CYTOCHROME C OXIDASE GENES AND DISTRIBUTION OF <i>APIS MELLIFERA</i> SUBSPECIES IN UKRAINE	194
Nesterkina M. V., Bilokon S. V., Aliksieieva T. G., Chebotar S. V., Kravchenko I. A. GENOTOXIC EFFECT OF TERPENOIDS AND THEIR DERIVATIVES IN <i>DROSOPHILA</i> <i>MELANOGASTER</i>	195
Rydkin O. V., Koshla O. T., Ostash B. O. MUTATIONS OF GENES POST-TRANSCRIPTIONAL MODIFICATION OF tRNA <i>MIAA</i> AND <i>MIAB</i> LEAD TO CHANGE REACTIONS TO STRESS FACTORS OF <i>STREPTOMYCES ALBUS</i> SAM2	196
Ishchenko O. O., Mel'nyk V. M., Kunakh V. A., Volkov R. A. APPLICATION OF 5S rDNA FOR CLARIFICATION OF TAXONOMIC STATUS OF <i>AVENELLA FLEXUOSA</i>	198
Popovych Yu. A., Blagodarova O. M., Chebotar S. V. POLYMORPHISM OF <i>GLI-B1</i> GENES AMONG THE MODERN UKRAINIAN BREAD WINTER WHEAT VARIETIES	199

Toporash M. K., Chebotar S. V., Motsnyy I. I., Blagodarova O. M., Sourdille P. MARKER ASSISTED SELECTION IN INTROGRESSIVE HYBRIDIZATION OF BREAD WHEAT (<i>TRITICUM AESTIVUM</i> L.) WITH 1R CHROMOSOME OF RYE (<i>SECALE CEREALE</i> L.)	200
Bilokon S. V., Aliksieieva T. G. THE EFFECT OF MELANIN ON VIABILITY INDICATORS OF <i>DROSOPHILA</i> <i>MELANOGASTER</i>	201
Zharikova D. O., Chebotar G. O., Temchenko I. V., Aksyonova E. A., Chebotar S. V. POLYMORPHISMS OF MICROSATELLITE LOCI, ASSOCIATED WITH PHOTOPERIOD SENSITIVE <i>E</i> GENES, IN UKRAINIAN SOYBEAN VARIETIES AND BREEDING LINES	203
RULES FOR THE AUHORS	206

БІОХІМІЯ



В. Л. Борщовецька, аспірантка

Я. Р. Михальчук, магістр

М. М. Марченко, доктор біологічних наук, професор, директор інституту
Кафедра біохімії та біотехнології інституту біології, хімії та біоресурсів
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці, вул. Коцюбинського 2, 58012, e-mail: v.borschovetska@chnu.edu.ua,

ОСОБЛИВОСТІ ЛІПІДНОГО ОБМІНУ У ЩУРІВ ЗА УМОВ ВВЕДЕННЯ БІСФЕНОЛУ А ТА НИЗЬКОРІВНЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ

У роботі встановлено, що введення бісфенолу А супроводжується порушенням ліпідного обміну, що виражалось у накопиченні холестеролу, триацилгліцеролів та вільних жирних кислот у тканині печінки. Водночас опромінення тварин низькорівневим діодним лазером червоного спектру дії корегує обезогенний вплив досліджуваного персистентного контамінанта.

Ключові слова: бісфенол А; низькоінтенсивне лазерне опромінення; обезоген; гіперхолестеролемія; триацилгліцеролемія

Надмірне споживання висококалорійної їжі, багатой жирами й вуглеводами, та низька фізична активність стали одними з основних чинників розвитку порушень обміну речовин, зокрема метаболічного синдрому. Проте, численні дослідження [3, 5, 17, 19, 27, 23] показали, що ряд харчових політантів, які діють як ендокринні дисраптори можуть виступати індукторами та впливати на розвиток метаболічних порушень.

До цієї групи сполук належить бісфенол А (2,2-біс(4-гідроксифеніл)пропан, ВРА) – синтетична промислова хімічна сполука, яка широко використовується з 1960-х років у виробництві полікарбонатних споживчих товарів (контейнери для їжі та напоїв, зубні герметики та термопапір) з метою запобігання їх пошкодження за багаторазового використання [17, 23, 16, 20]. Дана сполука виступає класичним ксеноестрогеном, проявляючи естрогенні ефекти, шляхом зв'язування з ядерними рецепторами: естрогеновими рецепторами α і β (ER α та ER β), або взаємодією з протеїнами та рецептор-спорідненими протеїнами, такими як "некласичний мембранний рецептор естрогенів", psmER, ERR γ , GPR30 та AhR. Проте все більшу увагу наукової спільноти привертають обезогенні та діабетичні ефекти даного ксеноестрогену. У дослідженнях [15, 18–21] показано, що ВРА за умов хронічної експозиції низькими дозами змінює енергетичний баланс, індукуючи адипогенез та накопичення ліпідів. Проте зазначені ефекти недостатньо досліджені за умов гострого ураження високими дозами.

Багатообіцяючим неінвазивним і безпечним методом корегування різних патологічних станів виступає низькорівневе лазерне опромінювання (*від англ. Low level laser irradiation, LLLI*). Це застосування монохроматичного когерентного світла низьких енергетичних рівнів, (що є різновидом електромагнітних коливань) червоного і ближнього інфрачервоного спектру (600–1000 нм), джерелом якого є лазер [12, 6, 26].

Терапевтичні та корегувальні ефекти LLLI є результатом первинних реакцій, пов'язаних з поглинанням світла певної довжини хвилі специфічними хромофорами у клітині, зокрема компонентами мітохондріального дихального ланцюга, такими як цитохроми, цитохром оксидаза та флавіндегідрогеназа; що призводить до зміни окисно-відновного стану цитоплазми. Перетворення енергії лазера у корисну для клітин енергію, завдяки фотохімічним та фотофізичним реакціям, може стимулювати мітохондріальне продукування аденозинтрифосфату, проліферацію клітин та синтез протеїну [4, 7, 11, 14].

Крім того, встановлено, що LLLI змінює експресію генів, індукує клітинну проліферацію та диференціацію. Зокрема, у дослідженнях *Jackson et al.* [13], показано, що лазерне світло низьких рівнів може пригнічувати холестерологенез шляхом зміни транскрипційних факторів, відповідальних за експресію основних генів, залучених в біосинтетичні процеси. Тому, LLLI може служити тонким, неінвазивним інструментом у зниженні рівня холестеролу в сироватці крові.

У зв'язку з цим **метою** роботи було дослідити особливості ліпідного обміну у щурів за умов введення ВРА та низькорівневого лазерного випромінювання.

Матеріали та методи досліджень

Досліди проводили на білих безпородних щурах, віком 2–3 місяці, масою 120–140 г. Утримання тварин та маніпуляції з ними проводили згідно з положеннями статті 26 Закону України № 3447-IV від 21.02.2006 «Про захист тварин від жорстокого поводження», «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та наукових цілей» (Страсбург, 1986), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», затверджених 20.09.2001 Першим Українським національним конгресом з біоетики.

На початку експерименту усіх тварин було поділено на три групи:

- I. контрольна група – інтактні тварини;
- II. дослідна група I – щури, яким вводили бісфенол А (попередньо розчинений в кукурудзяній олії) *per os* щоденно протягом 3 діб у дозі 50 мг/кг, що відповідає *LOAEL* – найнижчій дозі, при якій спостерігається несприятливий ефект (*від англ. Lowest observable adverse effect level*) [24].
- III. дослідна група II – тварини, яким вводили ксенобіотик та опромінювали низькорівневим діодним лазером.

Опромінення тварин проводили низькорівневим діодним лазером, червоного спектру 650 нм (50 mW, 1,5 J/cm² та 12,5 mW/cm²) через 6 годин після

кожного введення ВРА (3 рази). Опромінювали анатомічну ділянку черевної порожнини на відстані 10 см від поверхні шкіри протягом 2 хв.

Дослідження ліпідного профілю сироватки крові та вмісту ліпідів у тканині печінки проводили через 78 годин після початку експерименту (через 24 години після останнього опромінення). Тварин зважували та піддавали евтаназії під легким ефірним наркозом. Для дослідження видаляли печінку та проводили забір крові через нижню порожнисту вену. Сироватку крові отримували шляхом центрифугування при 3000 g протягом 15 хв.

Екстракцію загальних ліпідів з тканини печінки тварин проводили за методом Фолча [8], принцип якого полягає у екстракції ліпідів з тканини хлороформ-метанольною сумішшю. Визначення вмісту загального холестеролу та триацилгліцеролів у сироватці крові та тканині печінки проводили ензиматичним колориметричним методом за допомогою стандартних наборів («Фелісіт Діагностика», м. Дніпропетровськ) відповідно до інструкції виробника і виражали в мкмоль/л та ммоль/л відповідно.

Виділення ліпопротеїнів високої густини (HDL) проводили за методом [2], принцип якого полягає в початковому осадженні гепарином в присутності іонів марганцю ($MnCl_2$) β -ліпопротеїнів (ліпопротеїнів низької густини, LDL). Визначення холестеролу ліпопротеїнів дуже низької густини (VLDL) та LDL у сироватці крові проводили розрахунковим методом використовуючи формули Фрідевальда (Friedewald) [9].

Визначення вмісту вільних жирних кислот проводили за методом [22], принцип якого полягає у тому, що солі жирних кислот із купрумом екстрагуються з водних розчинів при нейтральних та слабколужних рН сумішшю хлороформ-гептан-метанол. За цих умов іони купруму залишаються у водному середовищі. Відповідно, кількість купруму, що перейшли в органічну фазу, відображає вміст неетерифікованих (вільних) жирних кислот. Купрум визначають за кольоровою реакцією з 1,5-дифенілкарбазидом. Вміст вільних жирних кислот у тканині печінки виражали у ммоль/г тканини.

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою програми *BioStat*, використовуючи однофакторний дисперсійний аналіз (*one-way ANOVA*) з наступним застосуванням апостеріорного критерію Тьюкі (*Tukey's HSD post hoc test*). Вірогідними вважали відмінності між групами при $P \leq 0,05$. На графіках величини позначені різними буквеними індексами (*a*, *b*, *c*) статистично достовірно відрізняються; зокрема величини позначені літерою *a* статистично достовірно відрізняються як від величин, позначених літерою *b*, так і літерою *c*; між величинами позначеними однаковими буквеними індексами статистично вірогідної різниці немає.

Результати дослідження та їх обговорення

Результати наших досліджень показали, що введення *per os* тваринам 50 мг/ кг ВРА супроводжувалося розвитком гіперхолестеролемії у сироватці

крові. Показник вмісту загального холестеролу у сироватці крові у 2,1 разів перевищував його вміст у групі інтактних тварин (рис. 1а).

Гіперхолестеролемія сироватки крові, що спостерігалась у тварин після експозиції ВРА може бути результатом порушення метаболізму холестеролу у печінці. У наших дослідженнях, введення ВРА супроводжувалось 2-разовим підвищенням вмісту холестеролу у тканині печінки (рис. 1б).

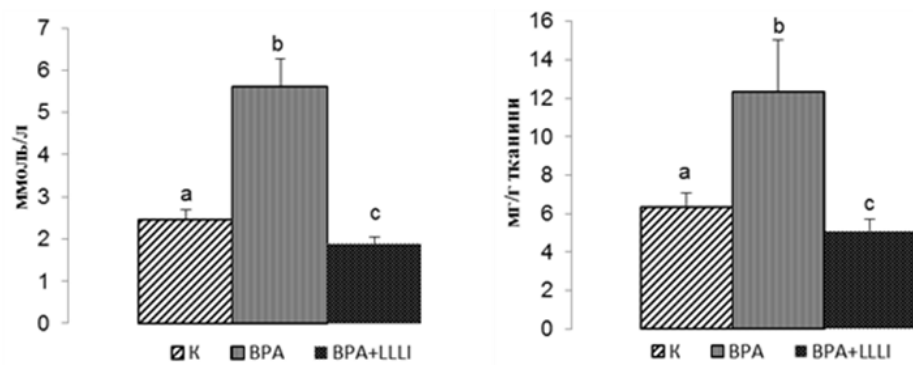


Рис. 1. Вміст загального холестеролу у сироватці крові (а) та печінці (б) щурів за умов введення ВРА та LLLI.

Примітка (тут і надалі): величини, позначені різними буквеними індексами статистично-вірогідно відрізняються, $P \leq 0,05$

Гостра експозиція високими дозами бісфенолу А супроводжується розвитком окисативного стресу у печінці. Зокрема, нашими попередніми дослідженнями [24] показано, що 3-разове введення тваринам 50 мг/кг даного ксенобіотика супроводжується посиленням генеруванням активних форм кисню та індукцією вільнорадикального пошкодження субклітинних фракцій печінки, в тому числі ендоплазматичного ретикулуму. З літератури відомо, що стрес останнього в деяких клітинах може стимулювати синтез ліпідів, зокрема холестеролу, через активацію різноманітних транскрипційних факторів, таких як SREBPs, CAAT/EBP та PPAR γ [10].

Крім того, введення ВРА супроводжується зростанням вмісту жирних кислот у 2,1 рази у печінці дослідної групи щурів, порівняно із відповідним показником у контрольній групі тварин (Рис. 2а). Підвищений вміст жирних кислот у тварин при введенні ВРА може бути пов'язаний з прооксидантними властивостями даного ксенобіотика. Результатами попередніх досліджень показано, що ВРА у дозі 50 мг/кг індукує вільнорадикальні процеси у мітохондріальній фракції. Це в свою чергу могло призвести до порушеного функціонування метаболічних процесів, що відбуваються у даному компартменті клітини, в тому числі β -окиснення жирних кислот.

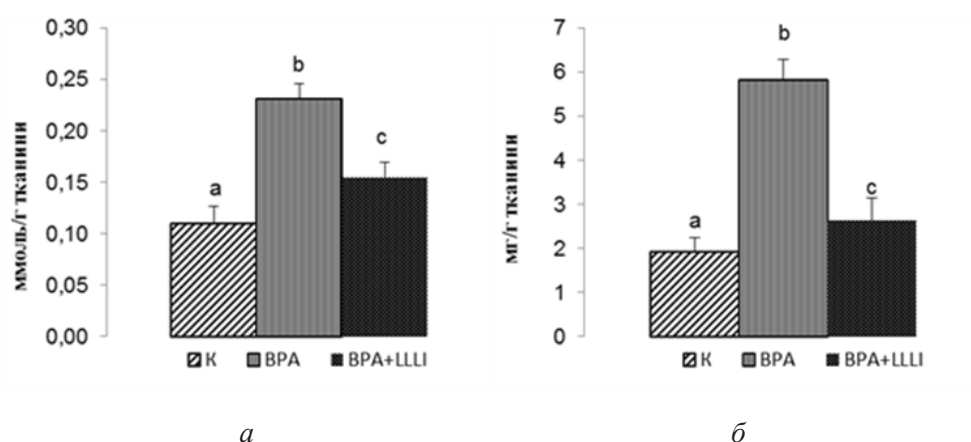


Рис. 2. Вміст вільних жирних кислот (А) та триацилгліцеролів в печінці (Б) щурів за умов введення ВРА та LLLI

Неокисненні жирні кислоти спрямовуються на ліпогенез *de novo*, для зберігання їх у формі нейтральних жирів у тканині печінки. Це підтверджено у наших дослідженнях зростанням у 3 рази вмісту триацилгліцеролів у печінці щурів після введення ксенобіотика, порівняно із групою тварин контрольної групи (Рис. 2б).

Водночас накопичення нейтральних жирів в тканині печінки супроводжується надмірною секрецією триацилгліцеролів у складі ліпопротеїнів дуже низької густини. Вони являють собою механізм, за допомогою якого жирні кислоти експортуються з печінки та транспортуються до м'язів для окислення, та жирової тканини для зберігання відповідно. При проведеній кількісній оцінці стану дисліпідемії було зафіксовано зростання рівня ліпопротеїнів дуже низької густини в сироватці крові на 72%, порівняно із групою інтактних тварин (Рис. 3а). З цими результатами узгоджується зростання у 1,9 разів рівня триацилгліцеролів, які транспортуються та складають основу вищезгаданих ліпопротеїнів, у сироватці крові (Рис. 3в) тварин після введення ВРА порівняно із відповідним показником контрольної групи.

Одночасно, у цій групі тварин зафіксовано зростання вмісту ліпопротеїнів низької густини у сироватці крові тварин, що виконують провідну роль у транспорті холестеролу з печінки до периферійних тканин. Даний показник у ВРА-експозиційних тварин у 2,2 рази порівняно з вмістом LDL контрольної групи (Рис. 3б).

Водночас, опромінення тварин низькорівневим діодним лазером, після введення бісфенолу А, призводило до зниження у 2,3-рази вмісту загального холестеролу у сироватці крові, і навіть цей показник був нижчий від даного показника у групі інтактних тварин. Отримані результати, в першу чергу, ймовірно, зумовлені інгібуванням процесів холестеролгенезу, що підтверджено у наших

дослідженнях зниженням вмісту холестеролу у тканині печінки (Рис. 1.). Отримані результати, в першу чергу, пов'язані із тим, що LLLI може пригнічувати холестерологенез шляхом зміни транскрипційних факторів, відповідальних за експресію основних генів, залучених в біосинтетичні процеси [12].

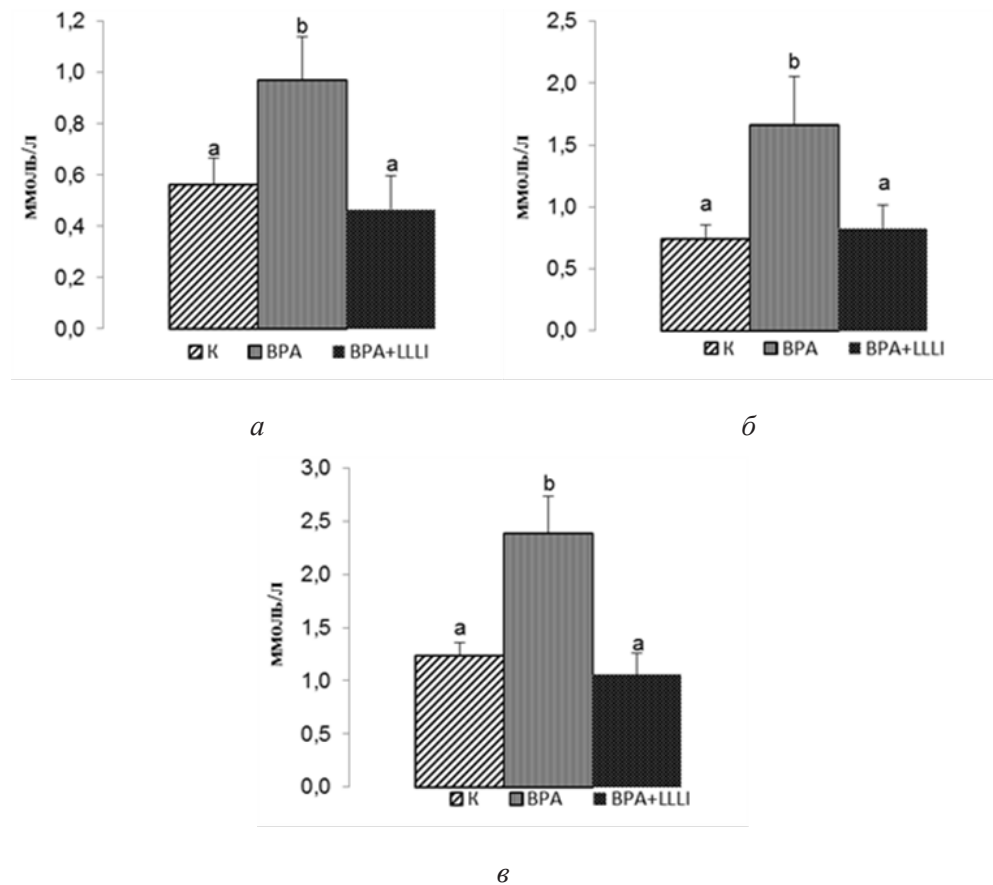


Рис. 3. Вміст ліпопротеїнів дуже низької (а), низької (б) густини та триацилгліцеролів (в) в сироватці крові щурів за умов введення BPA та LLLI

Крім того, у BPA-експозиційних тварин, після опромінення діодним лазером червоного спектру дії, спостерігалось зниження вмісту вільних жирних кислот на 36% у печінці порівняно із групою тварин, яким вводили обезоген. Проте даний показник так і не досягав рівнів показників контрольної групи. Отриманий результат може бути пов'язаний із тим, що LLLI стимулює утворення cAMP, що, в свою чергу, активує цитоплазматичну ліпазу, що викликає перетворення триацилгліцеролів у жирні кислоти та гліцерол [1]. З іншого боку, за дії LLLI може відбуватись посилене генерування активних форм кисню та азоту, внаслідок активації цитохром оксидази – первинного акцептора поглинання червоного

світла. Вільні радикали, в свою чергу, індукують пошкодження мітохондріальної мембрани, і таким чином відбувається зсув окислення жирних кислот до їх етерифікації в триацилгліцероли для зберігання в печінці. Вміст останніх за дії лазера знижувався на 50% порівняно із групою тварин, яким вводили ксенобіотик, проте як і вміст жирних кислот, не досягав показника групи інтактних тварин (Рис. 2.).

Логічним, з огляду на зафіксовані нами зниження вмісту холестеролу та триацилгліцеролів у печінці, було встановлене зниження вмісту ліпопротеїнів дуже низької та низької густини, що є транспортерами холестеролу та нейтральних жирів з печінки, у сироватці крові, при опроміненні ВРА-експозиційних тварин низькорівневим діодним лазером, порівняно із групою тварин, яким вводили обезоген. Крім того, ці показники статистично-вірогідно не відрізнялися від відповідних тварин контрольної групи (Рис. 3.). Таким чином, опромінення тварин діодним лазером червоного спектру дії корегує обезогенний вплив ВРА.

Отже, введення бісфенолу А супроводжується порушенням ліпідного обміну, що полягає в активації процесів ліпогенезу при введенні даного ксенобіотика, шляхом підвищенням активності основних ключових ензимів синтезу холестеролу та жирних кислот. Водночас опромінення тварин низькорівневим діодним лазером корегує обезогенний вплив досліджуваного ксенобіотика, що пов'язано з пригніченням дії SREBP та зниження активності основних ензимів, що відіграють ключову роль у процесах ліпогенезу та ліполізу.

Висновки

1. Пероральне введення тваринам 50 мг/кг бісфенолу А протягом 3 діб супроводжується розвитком гіперхолестеролемії та триацилгліцеролемії у сироватці крові, дисбалансом вмісту основних ліпопротеїнів та збільшенням вмісту холестеролу, триацилгліцеролів та вільних жирних кислот у печінці.
2. Опромінення тварин діодним лазером червоного спектру дії після введення ксенобіотика сприяло зниженню вмісту основних показників ліпідного профілю сироватки крові та вмісту триацилгліцеролів, холестеролу та жирних кислот у печінці тварин.

Стаття надійшла до редакції 13.08.2020

Список використаної літератури

1. Antonio E. Low-level laser therapy (LLLT) combined with swimming training improved the lipid profile in rats fed with high-fat diet / E. Antonio Jr. Aquino, M. Sene-Fiorese, F. R. Paolillo, F. O. Duarte, J. C. Oishi, A. A. Pena Jr, A. C. G. O. Duarte, M. R. Hamblin, V. S. Bagnato, N. A. Parizotto // *Lasers in medical science*. – 2013. – Vol. 28, № 5. – P. 1271-1280. doi:10.1007/s10103-012-1223-z.
2. Bachorik P. S. High-density-lipoprotein cholesterol in heparin-MnCl₂ supernates determined with the Dow enzymic method after precipitation of Mn²⁺ with HCO₃⁻ / P.S. Bachorik, R. E. Walker, D. G. Virgil // *Clinical Chemistry*. – 1984. – Vol. 30, № 6. – P. 839-842.
3. Batista T. M. Short-term treatment with Bisphenol-A leads to metabolic abnormalities in adult male

- mice / T. M. Batista, P. Alonso-Magdalena, E. Vieira, M. E. C. Amaral, C. R. Cederroth, S. Nef, I. Quesada, E. M. Carneiro, A. Nadal // *PLoS One*. – 2012. – Vol. 7, № 3. – P. 1-10. doi: 10.1371/journal.pone.0033814.
4. Baxter G. D. Low level laser therapy (Photobiomodulation therapy) for breast cancer-related lymphedema: a systematic review / G. D. Baxter, L. Liu, S. Petrich, A. S. Gisselman, C. Chapple, J. J. Anders, S. Tumilty // *BMC Cancer*. – 2017. – Vol. 17, № 1. – P. 833. doi: 10.1186/s12885-017-3852-x
5. Bhandari R. Urinary bisphenol A and obesity in US children / R. Bhandari, J. Xiao, A. Shankar // *American journal of epidemiology*. – 2013. – Vol. 177, № 11. – P. 1263–1270. doi: 10.1093/aje/kws391
6. Chang B. The effects of photobiomodulation on MC3T3-E1 cells via 630 nm and 810 nm light-emitting diode / B. Chang, H. Qiu, H. Zhao, X. Yang, Y. Wang, T. Ji, Y. Zhang, Q. Quan, Y. Li, J. Zeng, H. Meng, Y. Gu // *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*. – 2019. – Vol. 25. – P. 8744-8752. doi: 10.12659/MSM.920396
7. Flieger R. Low-Level Laser Therapy with a 635 nm Diode Laser Affects Orthodontic Mini-Implants Stability: A Randomized Clinical Split-Mouth Trial / R. Flieger, T. Gedrange, K. Grzech-Leśniak, M. Dominiak, J. Matys // *Journal of Clinical Medicine*. – 2019. – Vol. 9, № 112. – P. 1–11. doi: 10.3390/jcm9010112
8. Folch J. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues / J. Folch, M. Lees, G. H. Sloane // *The Journal of biological chemistry*. – 1953. – Vol. 226, № 1. – P. 497-509.
9. Friedewald W. T. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge / W. T. Friedewald, R. I. Levy, D. S. Fredrickson // *Clinical Chemistry*. – 1972. – Vol. 18, № 6. – P. 499-502.
10. Fu S. The role of endoplasmic reticulum in hepatic lipid homeostasis and stress signaling. / S. Fu, S. M. Watkins, G. S. Hotamisligil // *Cell Metabolism*. – 2012. – Vol. 15. – P. 623-634. doi: 10.1016/j.cmet.2012.03.007
11. Gonnelli F. A. S. Low-level laser therapy for the prevention of low salivary flow rate after radiotherapy and chemotherapy in patients with head and neck cancer / F. A. S. Gonnelli, L. F. Palma, A. J. Giordani, A. L. S. Deboni, R. S. Dias, R. A. Segreto, H. R. C. Segreto // *Radiologia Brasileira*. – 2016. – Vol. 49, № 2. – P. 86-91. doi: 10.1590/0100-3984.2014.0144.
12. Iwahara L. K. da F. Low-power red and infrared laser effects on cells deficient in DNA repair / L. K. da F. Iwahara, F. de Paoli, A. de S. da Fonseca // *Journal of Lasers in Medical Sciences*. – 2019. – Vol. 10, № 3. – P. 157-162. doi: 10.15171/jlms.2019.25.
13. Jackson R. F. Reduction in Cholesterol and Triglyceride Serum Levels Following Low-Level Laser Irradiation: A Noncontrolled, Nonrandomized Pilot Study / R. F. Jackson, G. C. Roche, K. Wisler // *The American Journal of Cosmetic Surgery*. – 2010. – Vol. 27, № 4. – P. 177-184.
14. Jówko E. The effect of low level laser irradiation on oxidative stress, muscle damage and function following neuromuscular electrical stimulation. A double blind, randomised, crossover trial / E. Jówko, P. Maciej, M. Cie, T. Sacewicz, I. Cie, M. Jarocka // *BMC sports science, medicine & rehabilitation*. – 2019. – Vol. 11, № 38. – P. 1-14.
15. Ke Z. Bisphenol A Exposure May Induce Hepatic Lipid Accumulation via Reprogramming the DNA Methylation Patterns of Genes Involved in Lipid Metabolism / Z. Ke, J. Pan, L. Jin, H. Xu, T. Yu // *Scientific reports*. – 2016. – Vol. 6. – P. 1–13. doi: 10.1038/srep31331.
16. Lin Y. Exposure to bisphenol A induces dysfunction of insulin secretion and apoptosis through the damage of mitochondria in rat insulinoma (INS-1) cells / Y. Lin, X. Sun, L. Qiu, J. Wei, Q. Huang, C. Fang, T. Ye, M. Kang, H. Shen, S. Dong // *Cell death & disease*. – 2013. – Vol. 4, № 1. – P. 1-10. doi: 10.1038/cddis.2012.206.
17. Liu B. Bisphenol A substitutes and obesity in US adults: analysis of a population-based, cross-sectional study / B. Liu, H. J. Lehmler, Y. Sun, G. Xu, Y. Liu, G. Zong, Q. Sun, F. B. Hu, R. B. Wallace, W. Bao // *The Lancet Planetary Health*. – 2017. – Vol. 1, № 3. – P. e114-e122. doi: 10.1016/S2542-5196(17)30049-9.

18. Marmugi A. Adverse effects of long-term exposure to bisphenol A during adulthood leading to hyperglycaemia and hypercholesterolemia in mice / A. Marmugi, F. Lasserre, D. Beuzelin, S. Ducheix, L. Huc, A. Polizzi, M. Chetivau, T. Pineau, P. Martin, H. Guillou, L. Mselli-Lakhal // *Toxicology*. – 2014. – Vol. 325. – P. 133-143. doi: 10.1016/j.tox.2014.08.006.
19. Marmugi A. Low doses of bisphenol A induce gene expression related to lipid synthesis and trigger triglyceride accumulation in adult mouse liver / A. Marmugi, S. Ducheix, F. Lasserre, A. Polizzi, A. Paris, N. Priymenko, J. Bertrand-Michel, T. Pineau, H. Guillou, P. G. P. Martin, L. Mselli-Lakhal // *Hepatology*. – 2012. – Vol. 55, № 2. – P. 395-407. doi: 10.1002/hep.24685.
20. Menale C. Adverse Effects of Bisphenol A Exposure on Glucose Metabolism Regulation / C. Menale, D. G. Mita, N. Diano, S. Diano // *The Open Biotechnology Journal*. – 2016. – Vol. 10, № 1. – P. 122-130.
21. Metwally F. M. The Impact of Bisphenol A (BPA) As Environmental Obesogen on Lipids and Lipids Metabolism / F. M. Metwally, M. M. Mohamed, N. E. Sharaf, M. A. Ghazy, A. M. El Mishad, A. Elfiky // *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. – 2016. – Vol. 8, № 9. – P. 1323-1330.
22. Mikac-Dević D. A method for determination of free fatty acids in serum / D. Mikac-Dević, H. Stankovic, K. Bošković // *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*. – 1973. – Vol. 45, № 1. – P. 55-59. doi: 10.1016/0009-8981(73)90144-7
23. Mirmira P. Bisphenol A, Obesity, and Type 2 Diabetes Mellitus: Genuine Concern or Unnecessary Preoccupation? / P. Mirmira, C. Evans-Molina // *Translational research: the journal of laboratory and clinical medicine*. – 2014. – Vol. 164, № 1. – P. 13-21. doi: 10.1016/j.trsl.2014.03.003.
24. National Toxicology Program U.S. Department of Health and Human Services, Center. NTP-CERHR monograph on the potential human reproductive and developmental effects of bisphenol A.– Center for The Evaluation of Risks To Human Reproduction, 2008.– 321 p.
25. Shmarakov I. O. Hepatotoxicity of bisphenol A under conditions of differential supplementation with retinoids / I. O. Shmarakov, V. L. Borschovetska, L. P. Ivanishchuk, M. M. Marchenko // *Ukr. Biochem. J.* – 2016. – Vol. 88, № 3. – P. 99-105. doi: 10.15407/ubj88.03.099
26. Shu C. W. RelA-mediated BECN1 expression is required for reactive oxygen species-induced autophagy in oral cancer cells exposed to low-power laser irradiation / C. W. Shu, H. T. Chang, C. S. Wu, C. H. Chen, S. Wu, H. W. Chang, S. Y. Kuo, E. Fu, P. F. Liu, Y. D. Hsieh // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11, № 9. – P. 1-15. doi: 10.1371/journal.pone.0160586.
27. Tudurí E. Timing of exposure and Bisphenol-A: Implications for diabetes development / E. Tudurí, L. Marroqui, R. S. Dos Santos, I. Quesada, E. Fuentes, P. Alonso-Magdalena // *Frontiers in endocrinology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 1-10. doi: 10.3389/fendo.2018.00648.

V. L. Borschovetska, Y. R. Mykhalchuk, M. M. Marchenko

Department of Biochemistry and Biotechnology, Institute of Biology, Chemistry and Bioresources, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Kotsyubynsky 2, 58012

THE FEATURES OF LIPID METABOLISM IN RATS UNDER THE CONDITIONS OF BISPHENOL A ADMINISTRATION AND LOW-LEVEL LASER IRRADIATION

Abstract

Problem. Chronic exposure to bisphenol A (BPA), a compound widely used as a component of household polycarbonate products, induces the development of pathologies associated with metabolic disorders. Low-intensity laser irradiation (LLLI) has become widely used for both therapeutic and corrective purposes. However, its efficacy and the mechanism underlying the corrective effect of laser in various pathological conditions, including metabolic syndrome, depend on a wide range of parameters of laser and target tissues and therefore requires diverse research.

The **aim** of the study was to investigate the features of lipid metabolism in rats under the conditions of BPA and low-level laser irradiation.

Methods. BPA was administered per os daily for 3 days at a dose of 50 mg/kg body weight. Irradiation was performed for 2 min with a low-diode laser $\lambda = 650$ nm (50 mW, 1.5 J/cm² and 12.5 mW/cm²).

Results. It was shown that the administration of BPA was accompanied by the development of dyslipidemia, which was expressed in an increase in triacylglycerols, total cholesterol, LDL and VLDL levels in the serum of animals. The obtained results may be related to the accumulation of lipids in the liver under the conditions of xenobiotic administration, which is confirmed in our studies by an increase in the levels of total cholesterol, triacylglycerols and fatty acids in the liver of bisphenol A-exposed animals. Changes in the lipid profile of blood serum and lipid content in the liver may be the result of hepatotoxic effects of bisphenol A.

At the same time, irradiation of animals with a low-level diode laser, after the administration of BPA, led to a decrease in total cholesterol, triacylglycerols in both serum and liver tissue, which is associated with inhibition of SREBP and reduced activity of enzymes that play a key role in lipogenesis and lipolysis processes.

Conclusions. The administration of bisphenol A is accompanied by lipid metabolism disorders, while low-level laser irradiation of animals corrects the obesogenic effect of the studied xenobiotic.

Keywords: bisphenol A, low-intensity laser irradiation, obesogen, hypercholesterolemia, triacylglycerolemia

References

1. Antonio, E. (2013) «Low-level laser therapy (LLLT) combined with swimming training improved the lipid profile in rats fed with high-fat diet», *Lasers Med Sci.*, 28(5), pp. 1271–1280. doi: 10.1007/s10103-012-1223-z.

2. Bachorik, P. S., Walker, R. E. and Virgil, D. G. (1984) «High-density-lipoprotein cholesterol in heparin-MnCl₂ supernates determined with the Dow enzymic method after precipitation of Mn²⁺ with HCO₃⁻», *Clinical Chemistry*, 30(6), pp. 839–842.
3. Batista, T. M. et al. (2012) «Short-term treatment with Bisphenol-A leads to metabolic abnormalities in adult male mice», *PLoS ONE*, 7(3), pp. 1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0033814.
4. Baxter, G. D. et al. (2017) «Low level laser therapy (Photobiomodulation therapy) for breast cancer-related lymphedema: a systematic review», *BMC cancer*, 17(1), p. 833. doi: 10.1186/s12885-017-3852-x.
5. Bhandari, R., Xiao, J. and Shankar, A. (2013) «Urinary bisphenol a and obesity in US children», *American Journal of Epidemiology*, 177(11), pp. 1263–1270. doi: 10.1093/aje/kws391.
6. Chang, B. et al. (2019) «The effects of photobiomodulation on MC3T3-E1 cells via 630 nm and 810 nm light-emitting diode», *Medical Science Monitor*, 25, pp. 8744–8752. doi: 10.12659/MSM.920396.
7. Flieger, R. et al. (2019) «Low-Level Laser Therapy with a 635 nm Diode Laser Affects Orthodontic Mini-Implants Stability: A Randomized Clinical Split-Mouth Trial», *Journal of Clinical Medicine*, 9(112), pp. 1–11. doi: 10.3390/jcm9010112.
8. Folch, J., Lees, M. and Sloane, G. H. (1953) «A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues», *The Journal of biological chemistry*, 226(1), pp. 497–509.
9. Friedewald, W.T., Levy, R.I., Fredrickson, D. S. (1972) «Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge», *Clinical Chemistry*, 18(6), pp. 499–502.
10. Fu, S. Watkins, S. M., Hotamisligil, G. S. (2012) «The role of endoplasmic reticulum in hepatic lipid homeostasis and stress signaling», *Cell Metabolism*, 15, pp. 623–634. doi: 10.1016/j.cmet.2012.03.007
11. Gonnelli, F. A. S. et al. (2016) «Low-level laser therapy for the prevention of low salivary flow rate after radiotherapy and chemotherapy in patients with head and neck cancer», *Radiologia Brasileira*, 49(2), pp. 86–91. doi: 10.1590/0100-3984.2014.0144.
12. Iwahara, L. K. da F., de Paoli, F. and da Fonseca, A. de S. (2019) «Low-power red and infrared laser effects on cells deficient in DNA repair», *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 10(3), pp. 157–162. doi: 10.15171/jlms.2019.25.
13. Jackson, R. F., Roche, G. C. and Wisler, K. (2010) «Reduction in Cholesterol and Triglyceride Serum Levels Following Low-Level Laser Irradiation : A Noncontrolled, Nonrandomized Pilot Study», *American Journal of Cosmetic Surgery*, 27(4), pp. 177–184.
14. Jówko, E. et al. (2019) «The effect of low level laser irradiation on oxidative stress, muscle damage and function following neuromuscular electrical stimulation. A double blind, randomised, crossover trial», *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 11(38), pp. 1–14.
15. Ke, Z. et al. (2016) «Bisphenol A Exposure May Induce Hepatic Lipid Accumulation via Reprogramming the DNA Methylation Patterns of Genes Involved in Lipid Metabolism», *Scientific reports*, 6, pp. 1–13. doi: 10.1038/srep31331.
16. Lin, Y. et al. (2013) «Exposure to bisphenol A induces dysfunction of insulin secretion and apoptosis through the damage of mitochondria in rat insulinoma (INS-1) cells», *Cell Death and Disease*, 4(1), pp. 1–10. doi: 10.1038/cddis.2012.206.
17. Liu, B. et al. (2017) «Bisphenol A substitutes and obesity in US adults: analysis of a population-based, cross-sectional study», *The Lancet Planetary Health*, 1(3), pp. e114–e122. doi: 10.1016/S2542-5196(17)30049-9.
18. Marmugi, A. et al. (2012) «Low doses of bisphenol A induce gene expression related to lipid synthesis and trigger triglyceride accumulation in adult mouse liver», *Hepatology*, 55(2), pp. 395–407. doi: 10.1002/hep.24685.
19. Marmugi, A. et al. (2014) «Adverse effects of long-term exposure to bisphenol A during adulthood leading to hyperglycaemia and hypercholesterolemia in mice», *Toxicology*, pp. 133–143. doi: 10.1016/j.tox.2014.08.006.

20. Menale, C. et al. (2016) «Adverse Effects of Bisphenol A Exposure on Glucose Metabolism Regulation», *The Open Biotechnology Journal*, 10(1), pp. 122–130. doi: 10.2174/1874070701610010122.
21. Metwally, F. M. et al. (2016) «The Impact of Bisphenol A (BPA) As Environmental Obesogen on Lipids and Lipids Metabolism», *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 8(9), pp. 1323–1330.
22. Mikac-Dević, D., Stankovic, H. and Boškovlć, K. (1973) «A method for determination of free fatty acids in serum», *Clinica Chimica Acta*, 45(1), pp. 55–59. doi: 10.1016/0009-8981(73)90144-7.
23. Mirmira, P. and Evans-Molina, C. (2014) «Bisphenol A, Obesity, and Type 2 Diabetes Mellitus: Genuine Concern or Unnecessary Preoccupation?», *Transl Res.*, 164(1), pp. 13–21. doi: 10.1016/j.trsl.2014.03.003.
24. National Toxicology Program U.S. Department of Health and Human Services and Center (2008) *NTP-CERHR monograph on the potential human reproductive and developmental effects of bisphenol A*. Center for The Evaluation of Risks To Human Reproduction.
25. Shmarakov, I. O. et al. (2016) «Hepatotoxicity of bisphenol A under conditions of differential supplementation with retinoids», *Ukr. Biochem. J.* 88(3). pp. 99–105. doi: 10.15407/ubj88.03.099
26. Shu, C. W. et al. (2016) «RelA-mediated BECN1 expression is required for reactive oxygen species-induced autophagy in oral cancer cells exposed to low-power laser irradiation», *PLoS ONE*, 11(9), pp. 1–15. doi: 10.1371/journal.pone.0160586.
27. Tudurí, E. et al. (2018) «Timing of exposure and Bisphenol-A: Implications for diabetes development», *Frontiers in Endocrinology*, 9, pp. 1–10. doi: 10.3389/fendo.2018.00648.

БОТАНІКА І ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН



В. П. Герасимюк, к.б.н., доцент,

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра ботаніки,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: gerasimyuk2007@ukr.net

СУЧАСНИЙ СТАН ФІТОПЛАНКТОНУ ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕР

Фітопланктон Придунайських озер (Кагул, Кугурлуй, Китай, Катлабух, Ялпуг) вивчався навесні, влітку і восени 2013-2014 рр. У результаті дослідження цих водойм знайдено 125 видів водоростей, які належали до 78 родів, 37 родин, 23 порядків, 10 класів і 7 відділів: *Chlorophyta* (46 видів), *Bacillariophyta* (35), *Cyanoprokaryota* (23), *Euglenophyta* (12), *Charophyta* (6), *Chrysophyta* (2), *Dinophyta* (1). З них 11 видів для Придунайських озер виявлено вперше. Роди *Closterium* Nitzsch ex Ralfs (5 видів), *Nitzschia* Hassall (5), *Lepocinclis* Perty (4), *Monoraphidium* Komark.-Legn. (4), *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (4), *Tetrastrum* Chodat (4), *Cymbella* C. Agardh (3), *Crucigenia* Morren (3) і *Tetraëdron* Kütz. (3) склали основу видового різноманіття Придунайських озер. В озері Ялпуг знайдено 87, Катлабух – 81, Китай – 72, Кугурлуй – 70 і Кагул – 67 видів водоростей. У зв'язку з мілководністю озер разом з фітопланктонними (97 видів), іноді траплялися також і деякі бентосні форми (28), які у свою чергу розподілялися на перифітонні (22) і донні форми (6). Альгофлора району дослідження за видовим складом є переважно прісноводною, алкаліфільною, β-мезосапробною і космополітною. Чисельність мікрофітів коливалася в межах $(70-3331) \cdot 10^6$ кл. м^{-3} , біомаса – $0,66-5,60 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. Отримані дані можуть слугувати для моніторингу і розрахунку харчової бази гідробіонтів Придунайських озер.

Ключові слова: мікроводорості; фітопланктон; видовий склад; чисельність; біомаса; Придунайські озера.

Придунайські озера (Кагул, Кугурлуй, Катлабух, Китай, Ялпуг, Каргал, Саф'ян), що розташовані в гирлі Дунаю, Одеській області України, на кордоні з Румунією [1], належать до унікального водно-болотного комплексу, який розміщений в центрі Європи. Вони є прісноводним гідрокомплексом лівобережної системи пониззя р. Дунай. За походженням, це лимани степових річок, які були з'єднані з руслом давнього лиману р. Дунай. У зв'язку з одамбуванням берегів водойм їх можна розглядати і як водосховища. Площа вказаних озер складає біля 450 км^2 , об'єм води – біля 800 млн м^3 [10, 16].

Озера мілководні, їх глибина коливається від 0,8 м у Катлабузі до 5,4 м у Ялпузі. За площею водної поверхні вони зовсім різні: Ялпуг – 149 км^2 , Кагул – $82-93,5$, Кугурлуй – 82 , Катлабух – 67 , Китай – 60 км^2 [1]. За даними Н.С. Кічук з співавторами [11] загальна мінералізація у 2013–2014 р. складала $441-3883 \text{ мг/дм}^3$ (Кугурлуй – $794-957$, Кагул – $441-636$, Китай – $2199-3883$,

Катлабух – 1639–1975). Таке значне підвищення рівня мінералізації пов'язане зі значним збільшенням рівня мінералізації в степових річках (Ялпуг – 537–3258 мг/дм³, Карасулак – 3360–3987 мг/дм³, Великий Катлабух – 4239 мг/дм³, Єніка – 5624–7834 мг/дм³), що впадають у Придунайські озера. Придунайські озера характеризуються також підвищеним вмістом перманганатної окиснюваності ХСК (Кагул – 71 мг/ дм³, Кугурлуй – 55 мг/ дм³, Катлабух – 90 мг/дм³) і БСК₂₀ (Кагул – 22 мг/ дм³, Катлабух – 11 мг / дм³, Китай – 19 мг/ дм³), які перевищують ГДК за Сан ПіН 4630–88 відповідно у 3–7 разів.

Придунайські озера у зв'язку з низьким рівнем води внаслідок змін клімату наповнюються водою з р. Дунай через шлюзи Прорва, Окунда і Кофа. З їх допомогою наповнюються озера Картал, Кугурлуй, Ялпуг і Китай. Гірше обстоять справи з наповненням озер Катлабух і Саф'яни. Їх пробують наповнювати водою через Желявський та Суспільний шлюзи, але вода туди не потрапляє, їй перешкоджає замулення каналів.

Надмірний економічний розвиток прибережних смуг і зон водного захисту в системі водойм, нераціональне використання рибних господарств, закінчення терміну експлуатації гідравлічних споруд і кліматичні зміни призвели до зниження рівня води в озерах, 4–7-кратного збільшення мінералізації і забруднення джерел питної води.

Мікроскопічні водорості утворюють органічну речовину, деякі геологічні породи (діатоміти, доломіти, строматоліти, крейду) і кисень у водоймах, очищують їх від забруднень, беруть участь у кругообігу різних хімічних елементів (С, N, P, O, Si), є індикаторами стану водойм і їжею для гідробіонтів (інфузорій, черв'яків, молюсків, ракоподібних, риби) [2, 5, 9, 10].

Систематичне вивчення фітопланктону Придунайських водойм почалося під керівництвом Я. В. Ролла [15]. Ним були встановлені значні коливання видів і кількісних показників фітопланктону. Так, у Кагулі в 1949 р. виявлено 84, а в Китаї – 154 види водоростей. Перші відомості про водорості мікрофітобентосу Придунайських озер були наведені в роботі К. С. Владимирової [4]. В ній було виявлено 461 вид водоростей, серед яких було ідентифіковано 68 видів синьозелених, 254 – діатомових, 39 – евгленових і 100 видів зелених водоростей. Детальні дослідження фітопланктону Придунайських озер були проведені Л. Е. Костіковою [13], якою в цьому екологічному угрупованні було знайдено і ідентифіковано 503 види і внутрішньовидові таксони водоростей. До них належали 95 видів синьозелених, 108 – евгленових, 36 – дінофітових, 50 – золотистих, 140 – діатомових, 8 – жовтозелених, 218 видів зелених водоростей. Пізніше М. О. Гусяковим, С. Ю. Косенко [9] встановлено, що фітопланктонні водорості Придунайських озер відіграють важливу роль у живленні риби (товстолоба). Дослідження фітопланктонної активності проведено Н. В. Ковальовою і В. І. Мединцем [12]. Згодом з друку вийшли роботи В. П. Герасимюка, О. А. Ковтуна [8], В. П. Герасимюка [6], В. П. Герасимюка і Н. В. Герасимюк [7], в яких наведено відповідно 134, 145 і 196 видів мікроскопічних водоростей

бентосу Придунайських озер. Проте узагальнюючої роботи по фітопланктону досліджуваних озер, в якій би порушувалися питання сучасної систематики, екології і біогеографії мікрофітів, на жаль все ще не має.

Метою роботи було вивчення сучасного стану фітопланктону Придунайських озер.

Матеріали і методи дослідження

Матеріалами для досліджень слугували проби фітопланктону, які були зібрані навесні, влітку і восени 2013–2014 рр. на 15 станціях (по три станції на кожному озері) Придунайських озер. Проби збирали з поверхневого горизонту (0,5 м) за допомогою планктонної сітки Джеді, батометра Молчанова і фіксували 4 % розчином формаліну. Відбір і обробку проб здійснювали за загально-визнаними методиками [5, 14]. Усього було зібрано і оброблено 90 проб. Для згущення проб використовували метод відстоювання. Видовий склад водоростей вивчали за допомогою світлового мікроскопа XSP-104. Для визначення видового складу водоростей використовували літературні джерела [3, 20, 21]. Уточнення сучасних назв таксонів водоростей відбувалося за допомогою колективної монографії “Algae of Ukraine” [18] і міжнародної альгологічної електронної бази (Algaebase: <http://www.algaebase.org>) [19]. Для порівняння сучасного видового складу мікроскопічних водоростей Придунайських озер між собою були розраховані коефіцієнти подібності видового складу водоростей Соренсена-Чекановського і Жаккара. Ці показники були обчислені за наступними формулами [17]:

$$K_x = \frac{2c}{a+b} ; K_j = \frac{c}{a+b-c} ,$$

де а – кількість видів в одній флорі, b – кількість видів в іншій флорі, c – кількість загальних видів для обох флор.

Підрахунок чисельності фітопланктону проводили загальноприйнятим методом [5, 14]. Для цього використовували рахувальні скельця і дозатори. Біомасу мікроскопічних водоростей визначали за допомогою розрахунково-об’ємного методу [5, 14]. Показники у таблицях представлені у вигляді середнього значення та стандартної похибки середнього.

Результати дослідження та їх обговорення

За період дослідження в фітопланктоні Придунайських озер було знайдено і ідентифіковано 125 видів водоростей, які відносилися до 76 родів, 37 родин, 23 порядків, 10 класів і 7 відділів (табл. 1). До списку видів цих водойм належали наступні таксони: **CYANOPROKARYOTA**: *Aphanocapsa incerta* (Lemmerm.) Cronberg et Hindak (1-4), *Coelomorion pusillum* (Goor) Komárek (1-4), *Limnothrix guttulata* (Goor) Umezaki et Watanabe (1-5), *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Kütz. (1-5), *M. tranquilla* (Ehrenb.) Trevis. (3, 4), *M. tenuissima* Lemmerm. (2-4), *Pse-*

danabaena mucicola (Naumann et Hub.-Pest.) Schwabe (1-5), *Woronichinia compacta* (Lemmerm.) Komárek et Hindák (1-5), *Gloeocapsa kuetzingiana* Näg. (4), *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenkin (1-5), *Johanseninema constrictum* (Szafer) Hasler et al. (1-5), *Microcoleus amoenus* (Gomont) Strunecky et al. (1), **Oscillatoria komarovii* Anissimova (3), *O. limosa* C. Agardh (2, 5), *O. ornata* Kütz. ex Gomont (3), **O. trichoides* Szafer (2, 4), *Phormidium ambiguum* Gomont (1-5), *Spirulina laxa* G. Smith (3), *S. meneghiniana* Zanard. ex Gomont (4), *Anabaenopsis knipowitschii* (Usachev) Komárek (1-5), **Cuspidothrix issatschenkoi* (Ussatsch.) P. Rajaniemi et al. (3, 4), *Dolichospermum flosaquae* (Brébisson ex Bornet et Flahault) P. Wacklin et al. (1-5), *Nostoc linckia* Bornet et Flahault (1); **EUGLENOPHYTA**: *Eutreptia pyrenoidifera* Matv. (3, 5), **Astasia skadowskii* Korschikov (1-5), *Euglena granulata* (G.A. Klebs) F. Schmitz (5), *E. satelles* Brasl.-Spect. (4), *Euglenafornis proxima* (P.A. Dang.) M.S. Bennett et Triemer (5), *Lepocinclis acus* (O. Müll.) B. Marin et Melkonian (4, 5), *L. cyclidiopsis* M.S. Bennett et Triemer (5), *L. cylindrica* (Korschikov) Conrad. (1, 3), *L. oxyuris* (Schmarda) B. Marin et Melkonian (2-5), *Phacus caudatus* Hübn. (2, 5), *P. pleuronectes* (Ehrenb.) Duj. (1, 4), *Strombomonas fluviatilis* (Lemmerm.) Defl. (3); **CHRYSTOPHYTA**: *Mallomonas acaroides* Perty (2-5), **M. coronata* Boloch. (1, 5); **DINOPHYTA**: *Kryptoperidinium triquetrum* (Ehrenb.) Tillmann et al. (1, 4); **BACILLARIOPHYTA**: *Melosira varians* C. Agardh (1-5), *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen (1-5), *Cyclotella meneghiniana* Kütz. (1-5), *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kütz.) D.M. Williams et Round (1-5), *Diatoma elongatum* (Lyngb.) C. Agardh (2, 5), *D. vulgare* Bory (1-5), *Fragilariaforma virescens* (Ralfs) D.M. Williams et Round (1, 3), *Tabularia fasciculata* (C. Agardh) D.M. Williams et Round (1-5), *T. tabulata* (C. Agardh) Snoeijs (1-5), *Ulnaria acus* (Kütz.) Aboal (1-5), *U. ulna* (Nitzsch) Ehrenb. (1-5), *Cymbella lanceolata* (C. Agardh) Ehrenb. (1-5), *C. neocistula* Krammer (1-5), *C. tumida* (Breb.) Van Heurck (1-5), *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D.G. Mann (1, 3-5), **Gomphonema clavatum* Ehrenb. (2, 5), *G. truncatum* Ehrenb. (1-5), *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bert. (1-5), *Achnanthes minutissimum* (Kütz.) Czarn. (1), *Cocconeis euglypta* Ehrenb. (1-5), *C. placentula* Ehrenb. (1-5), *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. (1-5), *G. attenuatum* (Kütz.) Cleve (1-5), *G. fasciola* (Ehrenb.) Griff. et Henfr. (1-5), *Haslea spicula* (W.J. Hickie) Bukht. (1-5), *Pleurosigma elongatum* W. Sm. (1, 3, 5), *Bacillaria paxillifera* (O. Müll.) Hend. (3, 5), *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm. (1-3, 5), *N. gracilis* Hantzsch (3, 5), *N. lorenziana* Grunow (1, 5), *N. sigma* (Kütz.) W. Sm. (1-5), *N. vermicularis* (Kütz.) Hantzsch (1-5), *Epithemia adnata* (Kütz.) Bréb. (1-5), *E. gibba* (Ehrenb.) Kütz. (1-5), *Entomoneis alata* Ehrenb. (3-5); **CHLOROPHYTA**: **Actinastrum aciculare* Playfair (2), *A. hantzschii* Lagerh. (1, 2, 5), *Closteriopsis acicularis* (Chodat) Belcher et Swale (5), *C. longissima* (Lemmerm.) Lemmerm. (3, 5), *Crucigenia fenestrata* Schmidle (3, 5), **C. lauterbornii* (Schmidle) Schmidle (3, 5), *C. tetrapedia* (Kirchn.) Kuntze (1, 3, 5), *Cruciginella irregularis* (Wille) P. Tsarenko et D.M. John (1, 5), *Lagerheimia marssonii* Lemmerm. (3), *Chlorococcum infusionum* (Schränk) Meneghini (1-5), *Microglena*

monadina Ehrenb. (1, 3), **Tetracystis intermedia* (Deason et Bold) Brown et Bold (1), **Treubaria crassispina* Smith (3, 5), *Acutodesmus acutiformis* (Schröder) P. Tsarenko et D.M. John (4, 5), *Ankistrodesmus fusiformis* Corda ex Korshikov (2, 3, 5), *A. falcatus* (Corda) Ralfs (1, 2, 5), *Ankyra ancora* (Smith) Fott (2, 5), *A. judayi* (Smith) Fott (2), *Chlorotetraedron incus* (Teil.) Komárek et Kovácik (1, 2, 4), *Coelastrum astroideum* De Notaris (1-5), *Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew. (1-5), *D. microspina* (Chodat) P. Tsarenko (1-5), *D. opoliensis* (P.G.Richter) E. Hegew. (1-5), *Hyaloraphidium contortum* Pascher et Korschikov (1, 3-5), *Monactinus simplex* (Meyen) Corda (1-5), *Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák (5), *M. irregulare* (Smith) Komárk.-Legn. (1, 3-5), *M. griffithii* (Berkeley) Komárk.-Legn. (2-5), *M. minutum* (Nägeli) Komárk.-Legn. (3), *Pectinodesmus pectinatus* (Meyen) E. Hegew. et al. (2), *Pediastrum duplex* Meyen (1-5), *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegew. (1-5), *Scenedesmus ellipticus* Corda (1-5), *S. obtusus* Meyen (2, 5), *Schroederia setigera* (Schröder) Lemmerm. (2, 4), *Selenastrum gracile* Reinsch (1-4), *Stauridium tetras* (Ehrenb.) E. Hegew. (2, 5), *Tetraëdron caudatum* (Corda) Hansg. (4, 5), *T. minimum* (A. Braun) Hansg. (1-5), *T. triangulare* Korshikov (3-5), *Tetradismus dimorphus* (Turpin) M.J. Wynne (4, 5), *Tetrastrum elegans* Playfair (5), *T. heteracanthum* (Nordstedt) Chodat (5), *T. komarekii* Hindák (2-4), *T. triangulare* (Chodat) Komárek (3, 4), *Willea rectangularis* (A.Braun) D.M.John, M.J.Wynne et P.Tsarenko (4, 5); **CHAROPHYTA**: *Closterium aciculare* T. West (5), *C. gracile* Breb ex Ralfs (2, 5), *C. leibleinum* Kütz. ex Ralfs (1, 3), *C. limneticum* Lemmerm. (1), *C. prorum* Breb. (1), **Staurodesmus sellatus* Teil. (3).

Умовні позначки: 1 – Кугурлуй, 2 – Кагул, 3 – Катлабух, 4 – Китай, 5 – Ялпуг, * – нові види для Придунайських озер.

Таблиця 1

Загальний таксономічний склад водоростей Придунайських озер

Відділ	Кількість				
	класів	порядків	родин	родів	видів
<i>Cyanoprokaryota</i>	1	5	8	17	23
<i>Euglenophyta</i>	1	2	2	7	12
<i>Chrysophyta</i>	1	1	1	1	2
<i>Dinophyta</i>	1	1	1	1	1
<i>Bacillariophyta</i>	3	10	14	21	35
<i>Chlorophyta</i>	2	3	9	29	46
<i>Charophyta</i>	1	1	2	2	6
Загалом	10	23	37	78	125

Для фітопланктону району озер характерно перевага зелених водоростей, тоді як у мікрофітобентосі [4, 6, 7, 8] цих водойм відмічено домінування діатомей. Якщо в фітопланктоні знайдено представників 7 відділів, то в мікрофітобентосі цих водойм лише 5 відділів. У фітопланктоні було відмічено 125, а в мікрофітобентосі 196 видів [7].

Серед знайдених водоростей 11 видів виявилися новими для Придунайських озер. Вони відсутні в р. Дунай. Нові види могли бути занесені до цих водойм з водами степових річок, які впадають в ці озера, та завдяки птахам.

Найбільший внесок у таксономічне різноманіття фітопланктону озер вносять провідні родини: *Scenedesmaceae* Oltmanns (13 видів), *Selenastraceae* (F.F. Blackman et Tansley) F.E. Fritsch (8), *Fragilariaceae* Grev. (8), *Bacillariaceae* Ehrenb. (6), *Phacaceae* J.I. Kim et al. (6), *Closteriaceae* Bessey (5), *Euglenaceae* Engler (4), *Pleurosigmaaceae* Mereschk. (4), *Cymbellaceae* Kütz. (3) і *Rhopalodiaceae* (Karsten) Topach. et Oksiyuk (2).

Роди *Closterium* Nitzsch ex Ralfs (5 видів), *Nitzschia* Hassall (5), *Lepocinclis* Perty (4), *Monoraphidium* Komark.-Legn. (4), *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (4), *Tetrastrum* Chodat (4), *Cymbella* C. Agardh (3), *Crucigenia* Morren (3) і *Tetraëdron* Kütz. (3) склали основу видового різноманіття Придунайських озер.

Найбільша кількість видів водоростей була відмічена в озері Ялпуг, найменша – озері Кагул (табл. 2).

Таблиця 2

Таксономічний склад водоростей в Придунайських озерах

Назва озера	Кількість					
	відділів	класів	порядків	родин	родів	видів
Ялпуг	6	8	20	32	58	87
Катлабух	6	9	19	27	59	81
Китай	6	7	16	26	53	72
Кугурлуй	7	7	17	27	55	70
Кагул	6	8	16	24	50	67

Коефіцієнти подібності (Жаккара і Соренсена-Чекановського) видового складу альгоугруповань Придунайських озер були варіативними (табл. 3). Найбільші коефіцієнти подібності видового складу водоростей (K_{sc}) відмічені для озер Кагул-Китай (0,79) і Катлабух-Китай (0,78). Максимальні значення коефіцієнта Жаккара спостерігалися при порівнянні видового складу озер Китай-Кагул (0,65) і Китай-Катлабух (0,64).

Таблиця 3

Коефіцієнти подібності Жаккара (K_j) і Соренсена-Чекановського (K_{sc}), розраховані для видового складу водоростей Придунайських озер

K_{sc}		K_j				
		Кугурлуй	Кагул	Катлабух	Китай	Ялпуг
	Кугурлуй	-	0,59	0,58	0,57	0,54
	Кагул	0,75	-	0,57	0,65	0,62
	Катлабух	0,74	0,73	-	0,64	0,60
	Китай	0,73	0,79	0,78	-	0,56
	Ялпуг	0,70	0,76	0,75	0,72	-

За рівнем організації серед водоростей спостерігалися одноклітинні (41 вид), колоніальні (69) і багатоклітинні (15). За типом диференціації слані водоростей кокоїдні організми (90 видів) переважали над монадними (20) і нитчастими (15).

У зв'язку з мілководністю Придунайських озер і вітровим перемішуванням води разом з фітопланктонними (97 видів), траплялися також і бентосні форми (28), які у свою чергу розподілялися на перифітонні (22) і донні форми (6). З них 84 види мають відношення до нерухоливих видів, тоді як 41 вид активно рухаються.

За рівнем мінералізації найбільшу кількість склали прісноводні (107) види, значно ним поступалися солонуватоводні (17) і морські (1) організми, що відповідало рівням мінералізації озер (441–3863 мг/дм³).

Згідно з водневим показником (рН) найбільший внесок у видове різноманіття внесли алкаліфіли (100), індиференти склали 23 і ацидофіли – 2 види.

Із загальної кількості видів індикатори склали 64 види. За відношенням до органічного забруднення води переважали мезосапроби (54), з яких β -мезосапроби склали 37, α -мезосапроби – 4, α - β -мезосапроби – 5, а α - β -мезосапроби – 8 видів. Індикатори чистих вод: олігосапроби мали 6, ксеносапроби – 1. Також траплялися полісапроби – 1 і α -полісапроби – 1 вид.

Альгофлора водойм Придунайських озер з погляду біогеографії представлена космополітною (86 видів) і бореальною (39) групами.

Чисельність водоростей була варіативною і змінювалася в залежності від сезонів року (табл. 4).

Чисельність водоростей коливалася від $70 \cdot 10^6$ до $3331 \cdot 10^6$ кл.·м⁻³. Як правило, вона навесні були значно менша, ніж влітку. Середнє значення навесні складало $397,8 \cdot 10^6$, тоді як влітку воно дорівнювало $2003 \cdot 10^6$ кл.·м⁻³. Восени чисельність знижувалась до $543 \cdot 10^6$ кл.·м⁻³. Середній показник чисельності за 2013 рік складав $981 \cdot 10^6$ кл.·м⁻³. Найбільший внесок за чисельністю внесли

види *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia glauca*, *Woronichinia compacta*. “Цвітіння” води спостерігалось навесні (7.05.2013 р.) в озері Китай, яке було викликане масовим розвитком у воді синьозеленої водорості *Microcystis aeruginosa* ($402,9 \cdot 10^6$ кл. \cdot м⁻³) і навесні (15.04.2014 р.) в озері Ялпуг у зв’язку з інтенсивним розвитком *Merismopedia glauca* ($199,7 \cdot 10^6$ кл. \cdot м⁻³).

Таблиця 4

Чисельність (10^6 кл. \cdot м⁻³) і біомаса ($\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$) водоростей Придунайських озер протягом 2013 р.

Озера	Сезони	Чисельність	Біомаса
Катлабух	Весна	733 \pm 12	1,96 \pm 0,09
	Літо	3331 \pm 36	2,10 \pm 0,08
	Осінь	70 \pm 4	2,05 \pm 0,06
Китай	Весна	420 \pm 8	1,64 \pm 0,05
	Літо	973 \pm 13	3,50 \pm 0,08
	Осінь	710 \pm 12	2,03 \pm 0,07
Кагул	Весна	433 \pm 10	3,36 \pm 0,09
	Літо	1601 \pm 32	5,52 \pm 0,13
	Осінь	892 \pm 26	1,80 \pm 0,11
Кугурлуй	Весна	263 \pm 9	0,66 \pm 0,10
	Літо	1020 \pm 17	3,40 \pm 0,08
	Осінь	661 \pm 15	2,20 \pm 0,07
Ялпуг	Весна	140 \pm 8	2,00 \pm 0,05
	Літо	3090 \pm 32	5,60 \pm 0,14
	Осінь	382 \pm 13	2,21 \pm 0,11

Біомаса водоростей змінювалася від 0,66 до 5,60 $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$. Її середнє значення навесні складало 1,93, тоді, як влітку досягало 4,02 $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$. Восени цей показник знизився до 2,01 $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$. Середня біомаса за 2013 рік склала 2,65 $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$. Значний внесок до біомаси водоростей внесли види *Cyclidiopsis acus*, *Euglenaformis proxima*, *Lepocinclis oxyuris*, *Tabularia tabulata*, *Woronichinia compacta*.

За систематичним складом навесні 2013 р. у фітопланктоні Придунайських озер домінували діатомові водорості (47,6 %), за чисельністю – ціанобактерії (77,3 %), за біомасою – евгленові (91,7 %). Влітку, за видовим складом переважали зелені (58,3 %), за чисельністю – ціанобактерії (47,0 %), за біомасою – зелені (61,2 %). Восени спостерігалася майже така ж картина, як навесні.

Порівняльний аналіз показав, що за видовим складом водоростей, таксономічною структурою, коефіцієнтами подібності альгоугруповань, кількісними показниками (чисельністю і біомасою) мікрофітів Придунайські озера відрізняються між собою.

Отримані дані можна використовувати для моніторингу фітопланктону Придунайських озер, а також для розрахунку кормової бази для гідробіонтів.

Висновки

1. У Придунайських озерах знайдено і визначено 125 видів водоростей, які належали до 78 родів, 37 родин, 23 порядків, 10 класів і 7 відділів. Серед них 11 видів були новими для цих водойм.
2. Серед виявлених таксонів переважали представники зелених (46 видів), діатомових (35) водоростей і ціанобактерій (23).
3. Кількісні показники (чисельність, біомаса) водоростей були варіативними. Чисельність мікрофітів коливалася в межах (70–3331) 10^6 кл. м^{-3} , біомаса – 0,66–5,60 г м^{-3} .
4. За систематичним складом навесні 2013 р. у фітопланктоні Придунайських озер домінували діатомові водорості (47,6 %), за чисельністю – ціанобактерії (77,3 %), за біомасою – евгленові (91,7 %). Влітку, за видовим складом переважали зелені (58,3 %), за чисельністю – ціанобактерії (47,0 %), за біомасою – зелені (61,2 %). Восени за систематичним складом, за чисельністю та за біомасою у фітопланктоні спостерігались зміни аналогічні тим, що були навесні.

Подяки

Автор висловлює подяку доценту, к.б.н. В.В. Заморову за організацію експедиційних виїздів та доценту, к.б.н. М.М. Джуртубаєву і магістру Х.О. Чемерській за зібраний матеріал.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2020

Список використаної літератури

1. Атлас світу. – Київ: Картографія, 2004. – 139 с.
2. Баринова С.С. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы / С.С. Баринова, Е.П. Белоус, П.М. Царенко. – Хайфа, Киев, 2019. – 367 с.
3. Визначник прісноводних водоростей України. – Київ: Вид-во АН України, 1938-1993. – Т. 1–12.
4. Владимирова К.С. Микрофитобентос придунайских лиманов / К.С. Владимирова // Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР. – 1961. – Т. 36. – С. 242–262.
5. Водоросли. Справочник / Под ред. С.П. Вассера. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
6. Герасимюк В.П. Флористичний аналіз водоростей бентосу Придунайських озер / В.П. Герасимюк // Вісник ОНУ. – 2003. – Т. 8, вип. 1. – С. 37–42.
7. Герасимюк В.П. Сравнительная характеристика видового состава водорослей Придунайских озер (Украина) / В. П. Герасимюк, Н. В. Герасимюк // Альгология. – 2009. – Т. 19, № 2. – С. 206–215.
8. Герасимюк В. П. Микрофитобентос Придунайских озер / В.П. Герасимюк, О. А. Ковтун // Вісник ОНУ. – 2002. – Т. 7, вип. 2. – С. 81–87.
9. Гусяков М. О. Видовий склад водоростевого компонента у живленні товстолобиків Придунайських озер / М. О. Гусяков, С. Ю. Косенко // Вісник ОНУ. – 2001. – Т. 6, вип. 1. – С. 81–87.

10. Заморов В. В. Гидроэкологическая характеристика Придунайских озер Украины: монография / В. В. Заморов, Ю. М. Джуртубаев, М. А. Заморова, Е. Ю. Леончик, Н. П. Радионова, И. И. Радионов, И. Л. Рыжко, Н. И. Беленкова. – Одесса: ОНУ, 2014. – 227 с.
11. Кічук Н.С. Формування гідрохімічного режиму та оцінка якості води у Придунайських озерах / Н. С. Кічук, Ж. Р. Шакирзанова, Ю. С. Медведєва, І. В. Курілова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т. 3 (42). – С. 56–63.
12. Ковалева Н. В. Исследование фотосинтетической активности фитопланктона в Придунайских озерах в 2001–2002 гг. / Н. В. Ковалева, В. И. Мединец // Вісник ОНУ. – 2002. – Т. 7, вип. 2. – С. 63–69.
13. Костикова Л. Е. Фитопланктон придунайських лиманов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л. Е. Костикова. – Киев, 1969. – 19 с.
14. Неврова Е. Л. Руководство по изучению морского микрофитобентоса и его применению для контроля качества воды / Е. Л. Неврова, А. А. Снигирева, А. Н. Петров, Г. В. Ковалева. – Севастополь – Симферополь: Н. Орианда, 2015. – 174 с.
15. Ролл Я. В. Фитопланктон придунайских водоемов / Я. В. Ролл // Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР. – 1961. – № 36. – С. 222–229.
16. Швебс Г. І. Каталог річок і водойм України / Г. І. Швебс, М. І. Ігошін. – Одеса: Астропринт, 2003. – 390 с.
17. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.
18. 18. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography / Eds.: P. M. Tsarenko, S. Wasser and E. Nevo. Rugell: A.R.G. Gantner Verlag, – Vol. 1. – 2006. – 713 p.; Vol. 2. – 2009. – 413 p.; Vol. 3. – 2011. – 511 p.; Vol. 4. – 2014. – 703 p.
19. 19. Guiry G. M., Guiry M. D. *AlgaeBase*. World-wide electronic publ., Natl. Univ. Ireland, Galway. 2020. <http://www.algaebase.org>.
20. 20. Komárek J. *Cyanoprokaryota* / J. Komárek // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Bd. 19/3. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Springer Spectrum, 2013. – 1130 s.
21. 21. Krammer K. *Bacillariophyceae* / K. Krammer, H. Lange-Bertalot // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Bd. 2/1-4. – Stuttgart; New York: G. Fischer Verlag, 1986–2001.

V. P. Gerasimiuk

Odesa National Mechnykov University, Department of Botany,
2, Dvorianska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: gerasimiyuk2007@ukr.net

CURRENT STATE OF MICROALGAE OF THE LOWER DANUBE LAKES

Abstract

Introduction. Microscopic algae form organic matter, oxygen and geological rocks (diatomitis, stromatolitis, chalk) in reservoirs, clean them from contaminants, take part in the circulation of various chemical elements (C, N, P, O, Si), are food for hydrobions (infusoria, worms, molluscs, crustaceans, fish).

The **aim** of the work was to study the currents state of phytoplankton of the Lower Danube Lakes.

Results. As a result of the researches of Lower Danube Lakes (Kagul, Katlabug, Kytai, Kugurlui, Yalpug) it was determined that 125 species of microscopic algae, belonging to 78 genera, 37 families, 23 orders, 10 classes and 7 divisions, were iden-

tified in the phytoplankton of the studied reservoirs. The representatives of green (46 species), diatoms (35) and blue-green (23) ones prevailed among the algae. 11 species from the identified algae turned out to be new for the Lower Danube Lakes. Genera of *Closterium* (5 species), *Nitzschia* (5), *Lepocinclis* (4), *Monoraphidium* (4), *Oscillatoria* (4), *Tetrastrum* (4), *Cymbella* (3), *Crucigenia* (3) and *Tetraedron* (3) formed the basis of specific variety of the Lower Danube Lakes. 92 species of algae were found in lake Yalpug 87, Katlabug – 81, Kytai – 72, Kugurlui – 70 and Kagul – 67 species of algae. Algal flora of the Lower Danube Lakes is freshwater, alkaliphilic, β -mesosaprobic and cosmopolitan. The quantity of algae varied within the range (70-3331) $\cdot 10^6$ cells $\cdot m^{-3}$, biomass – 0.66-5.60 g $\cdot m^{-3}$.

Conclusion. The obtained data can serve for monitoring and calculation of feed base for hydrobionts of the Lower Danube Lakes.

Key words: microalgae, phytoplankton, species composition, quantity, biomass, the Lower Danube Lakes.

References

1. "Atlas of world" (2004) ["Atlas svitu"], Kyiv: Kartografiya, 139 p.
2. Barinova SS, Belous EP, Tsarenko PM (2019) "Algoindication of ukraine's water facilities: methods and perspectives" ["Algoindikatsiya vodnyh obektov: metody i perspektivy"], Haifa, Kyiv, 367 p.
3. "The key to freshwater algae of Ukraine" (1938-1993) ["Vysnchnik prsnovodnikh vodorostei Ukrainy"], Kyiv, Vol. 1-12.
4. Vladimirova KC (1961) "Microphytobenthos of the Lower Danube Estuaries" ["Mikrofitobentos Pridunayskikh Limanov"], Trudy Instituta Gidrobiologii AN USSR, Vol. 36, pp. 242-262.
5. Vodorosli: Spravochnik (1989) [Algae: Reference Book]. Eds. S.P. Wasser. Kyiv: Nauk. Dumka Press, 608 p.
6. Gerasimiuk VP (2003) "Floristic analysis of benthos algae of Lower Danube Lakes" ["Floristichnyi analiz vodorostei bebtosu Pridunayskikh ozer"], Visnyk ONU, Vol. 8, Vyp.1, pp. 37-42.
7. Gerasimiuk VP, Gerasimiuk NV (2009) "Comparison of species diversity of algae of the Lower Danube Lakes (Ukraine)" ["Sravnitel'naya kharakteristika vidovogo sostava vodorosley Pridunayskikh ozer (Ukraina)"], Algologia, Vol. 19, № 2, pp. 206-215.
8. Gerasimiuk VP, Kovtun O.A. (2002) "Microphytobenthos of the Lower Danube Lakes" ["Mikrofitobentos Pridunayskikh ozer"], Visnyk ONU, Vol. 7, Vyp. 2, pp. 81-87.
9. Guslyakov NE, Kosenko SU (2001) "Species composition of algal component in the feeding of silver carp and bighead in Danube lakes" ["Vydovyi sklad vodorostevogo komponenta u zhivleni tovtolobikiv pridunayskikh ozer"], Visnyk ONU, Vol. 6, Vyp. 1, pp. 81-87.
10. Zamorov VV, Dzhurtubaev UM, Zamorova MA, Leonchik EU, Radionova NP, Radionov II, Ryzhko IL, Belenkova NI (2014) "Hydroecological characteristic of the Lower Danube Lakes of Ukraine: monograph" ["Hydroekologicheskaya kharakteristika prydunayskykh ozer Ukrainy: monohrafiya"], Odessa: ONU, 227 p.
11. Kichuk NC, Shakirzanova ZhR, Medvedeva YuC, Kurilova IV (2016) "Forming of the hydrochemical mode and estimation of quality of water is in the Lower Danube Lakes" ["Formuvanya gidrochimichnogo regimu ta osinka yakosti vody u pridunayskix ozerakh"], Hydrology, hydrochemistry and hydroecology, Vol. 3, pp. 56-63.
12. Kostikova LE (1969) "Phytoplankton of the Lower Danube Estuaries" Abstr.. PhD Sci. (Biol.) Thesis ["Fitoplankton Pridunayskikh limanov"], Avtoref. ... dis. kand. biol. nauk, Kyiv, 19 p.
13. Kovalyova NV, Medinets VI (2002) "Studies of photosynthetic activity of the Lower Danube Lakes in 2001-2002" ["Isledovanie fotosinteticheskoy aktivnosti pridunayskikh ozer v 2001-2002"], Visnyk ONU, Vol. 7, Vyp. 2, pp. 63-69.

14. Nevrova YeL, Snigireva AA, Petrov AN, Kovaleva GV (2015) “A guide to studying marine micro-phytobenthos and its steaming for water quality control” [“Rukovodstvo po izucheniu morskogo mikrofitobentosa i ego primeneniю dlya kontrolya kachestva sredy“], Sevastopol-Simferopol: H. Orianda, 174 p.
15. Roll YaV (1961) “Phytoplankton of Lower Danube Reservoirs” [“Fitoplankton pridunaskikh vo-doemov”], Trudy Instituta Gidrobiologii AN USSR, Vol. 36, pp. 222-229.
16. Shwebs GI, Igoshin MI “Catalogue of the rivers and reservoirs of Ukraine” [“Katalog richok i vodoym Ukrainy”], Odesa: Astroprint, 2003, 390 p.
17. Shmidt VM “Mathematical methods in botany” [“Matemoticheskie metody v botanike“], Lenin-grad: Leningrad University Press, 1984, 288 p.
18. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Eds.: P.M. Tsa-renko, S. Wasser and E. Nevo. Rugell: A.R.G. Gantner Verlag, Vol. 1. 2006. 713 p.; Vol. 2. 2009. 413 p.; Vol. 3. 2011. 511 p.; Vol. 4. 2014. 703 p.
19. Guiry GM, Guiry MD *AlgaeBase*. World-wide electronic publ., Natl. Univ. Ireland , Galway. 2020. [http:// www.algaebase.org](http://www.algaebase.org).
20. Komárek J *Cyanoprokaryota* “Susswasserflora von Mitteleuropa”, Springer-Verlag Berlin Heidel-berg: Springer Spectrum, 2013, Bd. 19 / 3, 1130 s.
21. Krammer K, Lange-Bertalot H *Bacillariophyceae* “Susswasserflora von Mitteleuropa”, Stuttgart; New York: G. Fischer Verlag, 1986-2001, Bd. 2/1-4.

УДК 581.55+581.524.3(477.63)

doi 10.18524/2077-1746.2020.2(47).218056

Н. Ю. Шевчук, к.б.н., молодший науковий співробітник**І. І. Коршиков**, д.б.н., професор

Криворізький ботанічний сад НАН України, відділ оптимізації техногенних ландшафтів

вул. Маршака, 50, 50089, м. Кривий Ріг, Україна,

e-mail: natkasa@meta.ua. ivivkor@gmail.com

ВПЛИВ СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОЇ ПОРУШЕНОСТІ ПРИРОДНИХ СТЕПОВИХ ФІТОЦЕНОЗІВ НА ЇХ ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА НАКОПИЧЕННЯ МОРТМАСИ

Досліджено вплив антропопресингу на формування надземної та підземної біомаси та сукупності цих чинників на накопичення підстилки в степових фітоценозах. Проведено порівняльний аналіз природних рослинних угруповань з угрупованнями, що знаходяться на ділянці з абсолютним режимом заповідання. Встановлені кількісні співвідношення між надземною біомасою та підстилкою в залежності від видового складу фітоценозів, едафічних умов та антропогенного навантаження. З'ясовано, що продуктивність степових фітоценозів і накопичення в них підстилки залежить від домінантних видів у їх складі, режиму заповідання, положенням у рельєфі та пасквальної дигресії. Найвищі показники продуктивності (надземної, підземної і мортмаси) притаманні рослинним угрупованням заповідної ділянки.

Ключові слова: степ; рослинні угруповання; продуктивність; мортмаса; заповідний режим; антропопресинг; Південне Криворіжжя.

При вивченні продукційного процесу рослинних угруповань важливим аспектом є аналіз параметрів біомаси як надземної, так і підземної [11, 35, 40, 41, 47], які одночасно є джерелами накопичення мортмаси. Сукупність і співвідношення цих параметрів є інтегральним показником стабільності екосистем [1, 7]. Однак, досить часто в дослідженнях функціонування екосистеми не потрапляє в поле зору мортмаса, як джерело поживних речовин для збагачення ґрунтового покриву. За твердженнями О. П. Гофман [9], суттєву роль у стабільному розвитку степових угруповань відіграє величина мортмаси, оскільки вона накопичується не за один вегетаційний сезон і зберігається в приземному горизонті протягом значного періоду часу. Мортмаса – відмерлі рештки рослинного походження, які не втратили зв'язок із кореневою системою та перебувають у вертикальному положенні (сухостій), або такі, що втратили зв'язок із кореневою системою та перейшли до приґрунтового шару (підстилка) [3]. Мортмаса належить до важливої ланки в низці зв'язків між рослинністю та ґрунтом. Вона – один із найважливіших складників будь-якого рослинного угруповання,

структурно-функціональний компонент, який об'єднує абіотичні та біотичні частки біогеоценозу в цілісну систему [22]. Підстилка впливає на організацію та динаміку біотичного угруповання, виконує роль депо-посередника поживних речовин, може змінювати фізичне та хімічне середовище, а також кількість різноманітних забруднювачів. Накопичена підстилка затримує світло, затінюючи насіння та проростки, зменшує теплову амплітуду ґрунту. Підстилка знижує температуру та створює бар'єр для водяної пари, зменшує доступність води, затримує більшу частину опадів, регулює водний баланс екосистеми, захищає ґрунт від замулення та надмірного випаровування [48]. Трансформація мертвої органічної речовини – складний процес, що формується з фізико-хімічних, фотохімічних та біохімічних реакцій. Процеси деструкції рослинного опаду відбуваються з різноманітною швидкістю в різних екосистемах залежно від конкретних умов мікроклімату, зволоження, аерації, біохімічної активності, діяльності мікроорганізмів. Зниження запасу підстилки свідчить, як правило, про інтенсивніший кругообіг речовин, що відбувається за умов зростання трофності або зменшення вологості [32].

Інтенсивний розвиток рослин сприяє як більшому накопиченню підстилки, так і її розкладу. Антропогенний вплив на фітоценози може зменшувати їх продуктивність, а відповідно приводити до втрат запасів підстилки. Якщо за природного процесу інтенсифікації розпаду підстилки відбуваються певні компенсаційні процеси, зокрема зростання маси коріння у підстилці та гумусово-аккумулятивному горизонті ґрунту, то антропогенна активація розкладу найчастіше буває некомпенсованою і дефіцит органічної речовини призводить до посилення ерозії ґрунтової поверхні і порушення виробленого для даних умов процесу гумусоутворення [32]. Зростання антропогенного впливу на залишки природних екосистем Степу потребує визначення ролі підстилки у їх збереженні та відновленні, а наявність заповідних територій в Степу дозволяє досліджувати природно-історичний процес формування підстилки. Одним із факторів впливу на продуктивність степових угруповань є випасання худоби, дія якого може здійснювати як сприятливий, так і негативний вплив (залежно від інтенсивності) на рослинні угруповання в цілому і на окремі види рослин [5, 36, 42]. Так, помірне випасання є обов'язковим чинником, який бере участь у формуванні і підтриманні фітоценозів, але на думку В. В. Осичнюк [23], Т. А. Watt [46] та Л. М. Valee [45], його посилення призводить до деградації рослинного покриву.

Мета роботи – аналіз продуктивності та накопичення мортмаси в степових фітоценозах в залежності від антропогенного навантаження для встановлення специфіки їх функціонування в умовах Південного Криворіжжя.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили в степових угрупованнях на чотирьох моніторингових ділянках із різним ступенем пасквальної дигресії у порівнянні з заповід-

ною ділянкою (45 років) «Урочище Степок». Цю ботанічну пам'ятку природи загальнодержавного значення площею 11 га створено у 1975 році з метою збереження типових для середнього степу ландшафтних комплексів [24]; з того часу тут було запроваджено режим абсолютного заповідання. Повне виключення пасовищного процесу та абсолютне заповідання на цій ділянці призводить до кардинальної трансформації екосистеми з уповільненням біологічного колообігу, зниженням біологічного різноманіття та мезофітізації і рудералізації угруповань [18].

Всі досліджувані ділянки розташовані в південній частині Криворіжжя (рис. 1), які входять до складу середньостепової підзони Причорноморської ландшафтної провінції [21].

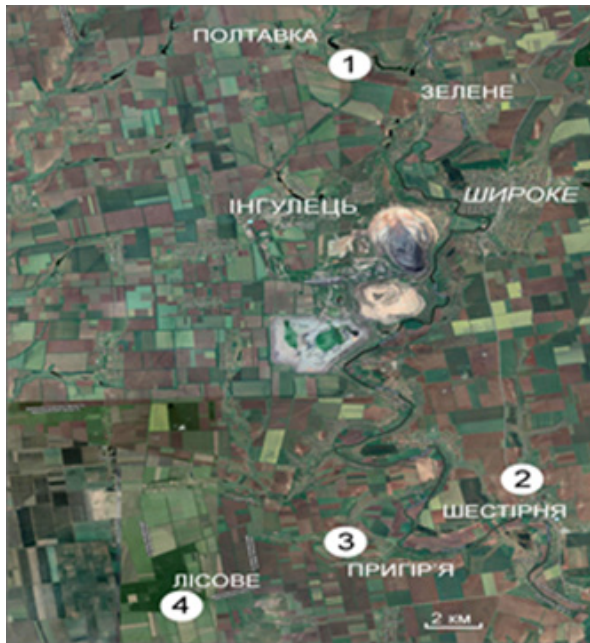


Рис. 1. Картосхема розташування моніторингових ділянок: 1 – «Балка Зелена»; 2 – «Балка Комарова»; 3 – «Урочище Пригир'я»; 4 – «Урочище Степок»

Обстежена територія знаходиться у басейні р. Інгулець, правобережна частина якого належить до Бузько-Інгільського геоботанічного округу, лівобережна – до Дніпровсько-Азовського [12]. Моніторингова ділянка «Урочище Степок» (діл. 4; с. Лісове, Казанківський р-н, Миколаївська обл.), знаходиться на вододілі річок Інгульця та Висуні, «Урочище Пригир'я» (діл. 3; Високопільський р-н, Херсонська обл.) – на схилі корінного правого берега Інгульця, решта – у пониззі крупних балок: Зеленої (діл. 1; Широківський р-н Дніпропетровська обл.) та Комарової (діл. 2; с. Шестирня Широківський р-н Дніпропетровська обл.) (рис. 1).

На досліджуваних моніторингових ділянках схилових екосистем антропогенне навантаження на рослинність не є рівномірним і диференціюється в залежності від крутизни схилів, висота яких становить 20–25 м. На припаякорних позиціях та підніжжях пасквальна дигресія досить виражена; на крутосхилах, малодоступних для свійської худоби, вона є мінімальною. У межах моніторингової ділянки «Балка Зелена» антропопресинг є помірним щодо випасу, оскільки прогону худоби від найближчого населеного пункту перешкоджає залізничний шлях. Суттєво впливають на стан рослинності періодичні пали, але цей чинник не можна вважати цілком негативним [17]. Дестабілізацію фітосистем ділянки «Урочище Пригір'я» (відрізок правобережної частини долини Інгульця, що має форму підковоподібного «амфітеатру») спричиняють, окрім випасу, спроби заліснення та рекреаційний вплив місцевого населення. Ділянка «Балка Комарова», розташована біля досить великого с. Шестірна, характеризується різноякісним антропогенним впливом (надмірний випас, спорудження гребель уперек русла водотоку, лісомеліорація, рекреація). На комплексному градієнті посилення антропогенного впливу моніторингові ділянки розташовані таким чином: «Урочище Степок» → «Балка Зелена» → «Урочище Пригір'я» → «Балка Комарова» [18]. Площа цих об'єктів, що досліджувалась становила 11–15 га.

В цих чотирьох степових об'єктах досліджували найбільш поширені формації фітоценозів, які масово розповсюджені у балках. Зокрема, в «Урочищі Степок» це формації *Elytrigietea trichophorae*, *Poeta angustifoliae* та *Bromopsideta inermis*, в «Балці Зелена» і «Урочищі Пригір'я» – угруповання формацій *Stipeta capillatae* і *Jurineeta brachycephalae*, а в «Балці Комарова» для цих цілей підходила тільки формація *Stipeta capillatae*. Угруповання формацій *Stipeta capillatae* в «Урочищі Степок» представлені лише окремих дернинами, а напівчагарничкові угруповання *Jurineeta brachycephalae* взагалі відсутні, оскільки це карбонатofil'ний вид, який приурочен до крутих схилів з дерново-степовими та примітивними ґрунтами. Угруповання *Elytrigietea trichophorae*, *Poeta angustifoliae* та *Bromopsideta inermis* у вивчаємих природних балках відмічені лише у вигляді вузьких смуг та мікроценозів по їх тальвегу, а тому це не уможливило проведення порівняння.

Вивчення надземної, підземної біомаси формацій та мортмаси проводили впродовж одного року спостережень. При вивченні надземної фітомаси використовували метод укисних квадратів розміром 1 м² [6] у 20-кратній повторності з визначенням абсолютно сухої маси. Отримані зразки надземної фітомаси (сумарна маса живої і мертвої органічної речовини рослинного походження) розбиралася на основні фракції – біомаса (жива) та мортмаса (мертва органічна речовина рослинного походження). Фракція мортмаси на заповідній ділянці «Урочище Степок» розділялася на верхній горизонт (відмерлі, злежалі, але ще не повністю розкладені рештки трав'янистої рослинності) та нижній горизонт

(мертва органічна маса рослин, що має повністю розкладені рештки трав'янистої рослинності). На інших ділянках диференціація мортмаси на горизонти не проводилася. Відбір проб мортмаси проводився шаблоном розміром в 1 м^2 у 20-кратній повторності.

Вміст і розподіл підземних органів травостою у ґрунтових педонах визначали методом промивання ґрунтових монолітів у модифікації І.Х. Узбека [30]. Для дослідження відбирали ґрунтові моноліти до глибини 50 см, які у подальшому промивалися і отримані корінці висушувалися до повітряно-сухого стану. Повторність 12-кратна до глибини 30–40 см, для шару ґрунту 40–50 см – 4-кратна. Дослідження кореневої маси проводили після розділення коренів за товщиною на 4 фракції: >3 ; 3–1, 1–0,5 та $<0,5$ мм [31]. Визначали їхню вагу та об'єм. За отриманими даними розраховували площу поверхні та загальну довжину коріння. Отримані дані обробляли методом варіаційної статистики [34].

Результати дослідження та їх обговорення

При аналізі надземної фітомаси в степових угрупованнях виявлено, що в усіх фітоценозах за фітомасою переважає домінант даних угруповань, а субдомінантами були різноманітні види з різними біомасовими показниками. Встановлено, що угруповання плакорної заповідної ділянки («Урочище Степок») мають значно більшу надземну фітомасу, ніж угруповання схилових степів, оскільки перші формуються в умовах більш сприятливого водного режиму. При цьому флористичне різноманіття на заповідній території найменше [18]. Максимальні значення показників надземної фітопродукції без додавання мортмаси серед кореневищних злаків «Урочища Степок» відмічено для фітоценозу формації *Bromopsideta inermis* – $734,95\text{ г/м}^2$, а найменші – для фітоценозу формації *Poeta angustifoliae* ($329,95\text{ г/м}^2$). Частка маси домінантів складає більше половини від загальної величини (табл. 1). Кількість надземної фітомаси угруповань формації *Stipeta capillatae* схилових позицій є майже однаковими на всіх моніторингових ділянках («Балка Зелена», «Урочище Пригір'я» і «Балка Комарова»): частка маси домінанта складає від 48,2 до 63,6 % від загальної величини; інші види рослин мають незначну масу окрім ділянки «Балка Комарова». Такі ж особливості розподілу фітопродукції притаманні й угрупованню формації *Jurineeta brachycephalae* на ділянках «Балка Зелена» та «Урочище Пригір'я», де частка маси домінантів складає на кожній ділянці по 66,3% від загальної маси, від загальної маси, а участь інших видів рослин у відсотковому співвідношенні незначна (табл. 1). Акумуляція значного шару мортмаси в степових угрупованнях залежить переважно від домінантних видів. Це добре видно на прикладі заповідної ділянки «Урочище Степок», де великі запаси мортмаси відмічені в фітоценозах формацій *Bromopsideta inermis* та *Elytrigietra trichophorae* і значно менші в формації *Poeta angustifoliae* (табл. 1).

Таблиця 1

**Продуктивність степових рослинних угруповань Південного Криворіжжя
(абсолютно суха речовина)**

Параметри	Надземна фітомаса		Підземна фітомаса		
	Вага, г/м²	%	Грунтовий горизонт, см	Вага, г/м²	%
1	2	3	4	5	6
Угрупування формації <i>Poa angustifoliae</i> («Урочище Степок»)					
<i>Poa angustifolia</i>	231,18	51,2	0-10	1140,0	61,5
Інші види рослин	98,77	21,9	10-20	415,0	22,4
Верхній горизонт мортмаси	60,84	13,5	20-30	156,0	8,4
Нижній горизонт мортмаси	60,55	13,4	30-40	98,0	5,3
Загальна маса	451,34		По всіх горизонтах	1854,0	
Угрупування формації <i>Bromopsideta inermis</i> («Урочище Степок»)					
<i>Bromopsis inermis</i>	657,00	65,1	0-10	1222,0	62,4
Інші види рослин	77,95	7,7	10-20	434,0	22,2
Верхній горизонт мортмаси	105,4	10,4	20-30	147,0	7,5
Нижній горизонт мортмаси	168,32	16,8	30-40	100,0	5,1
Загальна маса	1008,67		По всіх горизонтах	1958,0	
Угрупування формації <i>Elytrigieta trichophorae</i> («Урочище Степок»)					
<i>Elytrigia trichophora</i>	514,74	50,8	0-10	947,0	57,8
Інші види рослин	38,46	3,8	10-20	391,0	23,9
Верхній горизонт мортмаси	144,23	14,2	20-30	142,0	8,7
Нижній горизонт мортмаси	315,53	31,2	30-40	105,0	6,4
Загальна маса	1012,96		По всіх горизонтах	1638,0	
Угрупування формації <i>Stipeta capillatae</i> («Балка Зелена»)					
<i>Stipa capillata</i>	204,09	61,2	0-10	850,0	52,1
Інші види рослин	79,77	23,9	10-20	495,0	30,4
Мортмаса	49,55	14,9	20-30	168,0	10,3
Загальна маса	333,41		По всіх горизонтах	1630,0	
Угрупування формації <i>Stipeta capillatae</i> («Урочище Пригір'я»)					
<i>Stipa capillata</i>	213,82	63,6	0-10	800,0	52,4
Інші види рослин	55,76	16,6	10-20	487,0	31,9
Мортмаса	66,54	19,8	20-30	142,0	9,3
Загальна маса	336,12		По всіх горизонтах	1528,0	
Угрупування формації <i>Stipeta capillatae</i> («Балка Комарова»)					
<i>Stipa capillata</i>	223,57	48,2	0-10	900,0	52,9
Інші види рослин	169,17	36,5	10-20	610,0	35,9

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Мортмаса	70,98	15,3	20-30	101,0	5,9
Загальна маса	463,72		По всіх горизонтах	1700,0	
Угрупування формації <i>Jurineeta brachycephalae</i> («Балка Зелена»)					
<i>Jurinea brachycephala</i>	186,92	62,3	0-10	1001,0	71,1
Інші види рослин	58,62	19,5	10-20	302,0	21,4
Мортмаса	54,36	18,2	20-30	105,0	7,5
Загальна маса	299,9		По всіх горизонтах	1408,0	
Угрупування формації <i>Jurineeta brachycephalae</i> («Урочище Пригір'я»)					
<i>Jurinea brachycephala</i>	163,39	66,3	0-10	880,0	70,3
Інші види рослин	31,97	13,0	10-20	274,0	21,9
Мортмаса	51,10	20,7	20-30	98,0	7,8
Загальна маса	246,46		По всіх горизонтах	1252,0	

За нашими спостереженнями, значним запасам мортмаси на цій ділянці сприяє підвищена вологість поверхневого шару ґрунту (за рахунок багаторічного накопичення мертвої органіки та слабкої циркуляції приземного шару повітря через оточення ділянки лісовою «ширмою»), що сповільнює деструкцію органічної речовини. Напевно, потужний шар мортмаси, який накопичувався в таких угрупованнях протягом кількох десятиліть, відіграє роль «гідротермічного буфера» [9], який сприяє збереженню та оптимальному перерозподілу атмосферної вологи у поверхневому шарі ґрунту. Отже, в умовах заповідного режиму починає переважати накопичення мертвих рослинних решток, які з плином часу утворюють такий потужний сухостійно-підстилочний шар, що він вже нездатний самоутілізуватися. За даними Н. Ю. Дрогобич [14], деструкція мертвих рослинних решток в асканійському степу в понижених елементах рельєфу проходить дещо інтенсивніше, ніж на підвищеннях. Причому ослаблення процесів розпаду приурочено до сухих літніх місяців та холодних зимових. Степові заповідні екосистеми є неповночленими, оскільки в них практично відсутній або послаблений блок верхньої частини екологічної піраміди, тому за умов ослабленого консументного блоку заповідного степу процеси розкладу мортмаси залежать в основному від гідротермічних умов кожного конкретного року, діяльності редуцентного блоку екосистеми, швидкості процесів мінералізації [1, 9, 10].

Підстилка у степах може становити до 38 % від усієї фітомаси фітоценозу [2, 19]. Багаторічно акумульована мортмаса підстилки зменшується за рахунок фізико-хімічної деградації, гетеротрофного споживання та розкладу. Ці процеси взаємопов'язані. Підстилка розкладається в більшості випадків за рахунок

грибів, оскільки вони більш резистентні до середовища, ніж бактерії, але сам процес розкладу відбувається повільніше, оскільки для грибів лімітувальним фактором є азот та підвищена лужність ґрунту [37]. Розклад підстилки в степах підсилює доступність поживних речовин для рослин, що сприяє більш інтенсивнішому їх розвитку [39]. Накопичена підстилка в степових екосистемах може також зменшити втрати амонійного нітрогену [44], а відтак міграцію нітрогену і змінити хімічний склад води при проникненні її в ґрунт [39].

На відміну від показників живої надземної маси, запаси мортмаси у щільнодернинних злакових угрупованнях формації *Stipeta capillatae* та карбонатofільних фітоценозів формації *Jurineeta brachycephalae* схиливих степів на всіх моніторингових ділянках, як наслідок пасвальної дигресії, мають незначні показники порівнянно з рослинними угрупованнями заповідної ділянки (табл. 1). На ділянці з абсолютним заповіданням («Урочище Степок») роль заповідного режиму в функціонуванні степового рослинного покриву виявляється, передусім, у накопиченні великої кількості відмерлої рослинної маси та утворенні підстилки. Так, на думку Б. Д. Абатурова [1], висока продуктивність, велика надземна фітомаса, низька ефективність переробки рослинної органіки мікроорганізмами і безхребетними-сапрофагами з відсутністю пасвальної дигресії на степових ділянках призводить до швидкого накопичення відмерлої рослинної маси і, навпаки, виключення такого фактору, як випасання, викликає не «консервування» певних «еталонних» степових угруповань, а їх значну трансформацію яка відбувається дуже швидко [29, 43]. Це призводить до формування у багатьох випадках монодомінантних кореневищно-злакових угруповань [4, 25]. Ймовірно, продукційно-деструкційні процеси угруповань плакору є більш рівноважними, ніж фітоценози схилів балок.

Важливу роль для розуміння продукційно-деструкційних процесів степових фітоценозів відіграють співвідношення між кількістю біомаси до мортмаси. Так, співвідношення між біомасою та мортмасою плакорних місцезростань («Урочище Степок») становить від 1:1,2 до 1:2,7, а схиливих степів – від 1:4,1 до 1:5,7 (у фітоценозах формації *Stipeta capillatae*) та від 1:3,8 до 1:4,5 (у фітоценозах формації *Jurineeta brachycephala*). Для плакорних умов Асканійського степу, зафіксовано найбільшу кількість мортмаси відносно біомаси – 2,9:1,0 [9].

Як відомо [27], співвідношення надземної і підземної біомаси є показником розвинутості дернового процесу. На думку Л. В. Єстеревської [15], на бідних ґрунтах співвідношення підземної і надземної фітомаси рослин зростає за рахунок збільшення долі підземних органів у загальній біомасі, що розглядається як показник зростання стійкості рослин в умовах екологічної невідповідності [16]. Зростання інтенсивності пасвальної дигресії в фітоценозі формації *Stipeta capillatae* призводить до суттєвого зменшення цього показника. Так, за максимальної величини цього фактора («Балка Комарова») відношення підземної частини до надземної становить 3,7, а за мінімальної досягає 4,9.

Величина підземної маси угруповань значною мірою залежить також і від едафічних умов місцезростання. Більші відношення притаманні угрупованням, що розвиваються на кам'янистому ґрунті. Так, на крутих схилах у фітоценозі формації *Jurineeta brachycephala* на дерново-степових ґрунтах відношення підземної маси до надземної змінюється від 4,7 до 5,1. Тоді, як в «Урочищі Степок» найвужче відношення підземної маси до надземної притаманне угрупованню формації *Elytrigietea trichophora* (1,6), яке значно зростає в фітоценозі формації *Poeta angustifoliae* (4,1) і займає проміжне значення для угруповань формації *Bromopsideta inermis* (1,9). За даними О. П. Гофман [9], отриманими для зональних рослинних угруповань плакору ділянки «Стара» Асканійського степу, встановлено, що запаси підземної фітомаси щільнодернинних злаків в 11 разів перевищують запаси надземної. Таке значне переважання підземної маси за твердженнями В. В. Шаповал [33] забезпечує більш повне використання рослинами атмосферних опадів, що сприяє нівелюванню та відносній стабілізації величини надземної фітопродукції у різні за вологозабезпеченістю роки.

В умовах степу у рослин злакових фітоценозів коренева система є діагностуючою ознакою продуктивності, зволоження, аерації й інших життєво важливих для рослинності властивостей ґрунтового покриву. Вона визначає щільність дернового покриву, його еластичність і стійкість до витоптування. Ефективність дернового процесу залежить від комплексного впливу середовища, генетичних факторів, і суттєво, від видового складу фітоценозів. Багатьма дослідниками [13, 20, 26] відмічено, що основна маса коріння знаходиться в дернині, а з глибиною кількість підземної фітомаси зменшується. В залежності від біологічних особливостей домінантних видів фітоценозу, а також від умов середовища, зростання темпів росту коренів різні і вони неоднаково заглиблюються у ґрунт або майже перестають рости [28]. Кореневі системи рослин є однією з геохімічних детермінант формування екосистем, які виконують такі основні функції, як закріплення рослини в ґрунті та забезпечення надходження компонентів мінерального живлення з ґрунту до рослини; впливають на фізичні та хімічні властивості ґрунтів, їх біологічну активність, здійснюють транслокацію біофільних елементів [38]. Особливості будови кореневої системи відображають відповідь рослин на зміну умов зростання, є важливими для їх пристосування до специфічних умов Степу, для оптимального використання наявних у ґрунті води і мінеральних речовин.

Так як підземна маса рослин в степових угрупованнях значно перевищує надземну, доцільно розглянути характер її розподілу в ґрунті, а саме масу, об'єм, площу поверхні та сумарну довжину коріння. Ці показники відображають вплив умов зростання на розвиток кореневої системи, а, отже, на розвиток всієї рослини [31]. В умовах південного Криворіжжя угруповання кореневищних і щільнодернинних злаків формують потужну кореневу систему із високими значеннями об'єму, площі поверхні та сумарної довжини коріння.

Угрупування формацій *Elytrigieta trichophora*, *Poeta angustifolia* та *Bromopsideta inermis* у заказнику «Урочище Степок» утворюють ряд, у якому загальна підземна маса поступово збільшується (табл. 1). Основна маса коренів досліджуваних фітоценозів знаходиться у верхньому шарі дерну на глибині 0–10 см. Найбільшу концентрацію кількості коренів у цьому горизонті відмічено в угрупованнях формацій *Bromopsideta inermis* і *Poeta angustifolia*, де її відносна участь становить 62,4 та 61,5 % відповідно. У фітоценозі формації *Elytrigieta trichophora*, найбільша маса коріння також зосереджена в шарі ґрунту 0–10 см – 57,8 %, з глибиною вона поступово зменшується і складає вже у шарі ґрунту 30–40 см всього 6,4 % (табл. 1). На усіх досліджуваних ділянках униз по профілю відмічається суттєве зменшення маси коріння у самих глибоких шарах ґрунту, а показники об'єму, площі поверхні та загальної довжини коренів мають максимальні величини в поверхневому шарі (0–10 см) і зменшуються з глибиною (табл. 2). Кореневі системи кореневищних злаків заповідної ділянки мають велику кількість коренів тонкої фракції (<0,5 мм), які забезпечують високі показники площі поверхні, особливо у верхніх горизонтах.

Максимальна загальна підземна маса характерна для фітоценозу формації *Stipeta capillata* ділянки «Балка Комарова» (1700 г/м²), оскільки субдомінантним видом є *Caragana scythica* (Ком.) Rojark. із значною масою коріння. Найбільша кількість коренів зосереджена в поверхневому шарі 0–10 см – 52,9 %, а в шарі ґрунту 20–30 см знаходиться 5,9 % коріння від загальної маси (табл. 1). Загальний об'єм коренів досягає 6222,5 см³/м² за сприятливих умов, причому у верхньому шарі (0–10 см) за цим показником їх міститься 53 %, а в шарі ґрунту 0–30 см – 83,7 %. Площа поверхні коріння сягає 76979,9 см²/м² у поверхневому шарі ґрунту 53 %, а в шарі ґрунту 40–50 см – лише 6,2 %. Сумарна довжина коріння складає 92796,1 см/м² (див. табл. 2). З глибиною цей показник поступово зменшується.

На моніторингових ділянках «Балка Зелена» і «Урочище Пригір'я» в угрупованнях формації *Stipeta capillata* загальна підземна маса становить 1630,0 і 1528,0 г/м² відповідно, причому максимальна кількість коренів зосереджена в верхньому шарі дерну 0–10 см – 52,1 і 52,4% відповідно від їх сумарної маси (табл. 1). В шарі ґрунту 40–50 см в цих фітоценозах кількість коріння зменшується до 2,2 % від загальної маси, як і їх об'єм, площа поверхні та довжина коріння (табл. 2).

Кореневі системи трав'янистих рослин виконують середовищеві роль, сприяючи формуванню елементів родючості у верхній товщі ґрунтів. Підземні пагони і коріння взаємопов'язані як між собою, так і з надземними органами, а в сукупності утворюють єдину, цілісну біоморфологічну структуру, що забезпечує життєдіяльність рослини [8].

У фітоценозах формації *Jurineeta brachycephalae* на ділянках «Урочище Пригір'я» і «Балка Зелена» величина маси підземних органів залежить від кам'янистості субстрату. Основна частина її локанізована у верхньому 0–30 см шарі

Таблиця 2

Кількісні показники розподілу кореневої маси в степових угрупованнях Південного Криворіжжя

Грунтовий горизонт, см	Об'єм коріння, см ³ /м ²		Площа поверхні коріння, см ² /м ²		Довжина коріння, см/м ²	
	M ± m	CV, %	M ± m	CV, %	M ± m	CV, %
1	2	3	4	5	6	7
Угруповання формції <i>Poa angustifolia</i> («Урочище Степок»)						
0-10	3933,1±488,4	43,0	53 499,4±5598,8	36,2	65 849,2±6 684,0	35,1
10-20	721,0±97,6	46,8	9 551,4±1 162,5	42,1	11 664,2±1 404,7	41,7
20-30	542,1±81,4	51,9	7 128,1±1 016,4	49,3	8 699,8±1 235,6	49,1
30-40	397,5±49,1	42,7	4 926,7±498,1	35,0	5 939,3±573,0	33,4
40-50	388,8±33,8	30,1	5 298,3±431,6	28,2	6 441,7±521,7	28,0
Угруповання формції <i>Bromopsis inermis</i> («Урочище Степок»)						
0-10	4010,4±376,2	32,5	44 461,1±4215,9	32,8	53 069,1±5 090,6	33,2
10-20	923,1±92,6	34,7	11 657,5±1031,5	30,6	13 854,7±1 191,7	29,8
20-30	815,8±69,7	29,6	10 925,0±779,5	24,7	13 231,5±920,8	24,1
30-40	616,7±75,0	42,1	7 117,2±740,2	36,0	8 247,6±816,6	34,3
40-50	386,3±19,3	17,3	4 822,5±144,4	10,4	5 683,0±142,4	8,7
Угруповання формції <i>Elytrigia trichophora</i> («Урочище Степок»)						
0-10	3613,5±522,6	50,0	48 042,4±6926,8	49,9	58 297,1±8 547,2	50,7
10-20	638,5±99,0	53,7	7 746,7±1 181,1	52,8	9 055,7±1 424,7	54,4
20-30	657,3±82,3	43,3	8 362,5±1 027,4	42,5	9 926,9±1 234,6	43,0
30-40	475,0±53,6	39,0	6 248,6±574,7	31,8	7 507,6±673,6	31,0
40-50	328,1±57,7	60,8	4 207,5±727,6	59,8	5 124,0±900,3	60,8
Угруповання формції <i>Stipa capillata</i> («Балка Зелена»)						
0-10	3799,0±335,5	30,6	47 862,6±3036,9	22,0	57 151,4±3529,1	21,4
10-20	759,6±59,5	27,1	9 982,7±683,1	23,7	11 974,3±809,8	23,4
20-30	580,4±26,8	16,0	7 568,4±284,1	13,0	9 091,8±321,5	12,2
30-40	430,6±60,1	48,3	5620,3±779,3	48,0	6730,3±940,9	48,4

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
40-50	374,4±20,4	18,8	4 671,7±208,8	15,5	5 493,5±232,9	14,7
Угруповання формації <i>Stipa capillata</i> («Урочище Пригір'я»)						
0-10	3467,5±133,9	13,4	47 073,1±1947,8	14,3	57 635,9±2425,1	14,6
10-20	1 095,0±31,5	9,9	14 385,7±324,2	7,8	17 391,2±375,4	7,5
20-30	575,0±14,5	8,7	8 036,0±152,9	6,6	9 892,5±178,0	6,2
30-40	290,0±10,7	12,8	3 622,4±100,7	9,6	4 348,7±115,3	9,2
40-50	85,0±4,0	16,4	1 082,4±38,9	12,5	1 310,6±44,6	11,8
Угруповання формації <i>Stipa capillata</i> («Балка Комарова»)						
0-10	3298,1±202,2	21,2	40 741,7±2066,7	17,6	48 632,6±2 383,9	17,0
10-20	1150,0±116,8	35,1	14 990,8±1281,9	29,6	18 415,4±1 538,2	28,9
20-30	787,7±93,2	40,9	9 530,6±955,0	34,7	11 561,6±1 137,2	34,0
30-40	594,2±46,3	27,0	6 931,8±386,2	19,3	8 368,6±433,9	17,9
40-50	392,5±39,6	34,9	4 785,0±351,9	25,4	5 817,9±413,6	24,6
Угруповання формації <i>Jurinea brachyserphala</i> («Балка Зелена»)						
0-10	4765,6±298,6	21,7	65 071,3±3535,1	18,8	81 122,7±4325,4	18,4
10-20	1186,9±132,0	38,5	15 609,7±1545,0	34,2	19 184,5±1872,5	33,8
20-30	629,0±57,3	31,5	7 574,3±482,0	22,0	9 117,2±543,0	20,6
Угруповання формації <i>Jurinea brachyserphala</i> («Урочище Пригір'я»)						
0-10	2723,5±415,4	52,8	34 833,6±5300,5	52,7	42 872,3±6540,7	52,8
10-20	1051,0±243,1	80,0	12 729,7±3051,6	82,9	15 359,8±3740,7	84,3
20-30	548,3±91,8	57,9	6 561,4±872,9	46,0	7 877,3±1 006,2	44,2

Примітка. М – середнє арифметичне, ± m – похибка середньої арифметичної, CV, % – коефіцієнт відхилення

грунту (табл. 1). При незначній кам'янистості в угрупованні формації *Jurineeta brachycephalae* в «Урочищі Пригір'я» у поверхневому 10-ти сантиметровому шарі ґрунту знаходиться 70,3 % коренів (табл. 1). Загальний об'єм, площа поверхні та довжина коріння складає відповідно $4322,80 \text{ см}^3/\text{м}^2$, $54124,70 \text{ см}^2/\text{м}^2$ та $66109,40 \text{ см}/\text{м}^2$ (табл. 2). При більшій кам'янистості в цьому угрупованні на ділянці «Балка Зелена» в шарі ґрунту 0–10 см знаходиться 71,1% коренів від загальної підземної маси (табл. 1). Глибше 30 см зразки для виділення кореневих систем через суцільний шар каміння не відбирались. Загальний об'єм коріння досягає $6581,5 \text{ см}^3/\text{м}^2$, причому у верхньому горизонті 0–10 см за цим показником їх міститься 72,4 %, а в шарі ґрунту 20–30 см – лише 9,6 % від загального. Площа поверхні та сумарна довжина коріння складає відповідно $88255,30 \text{ см}^2/\text{м}^2$ та $109424,40 \text{ см}/\text{м}^2$ (табл. 2).

Таким чином, одним із головних показників стану степового фітоценозу є продуктивність надземної і підземної маси, що забезпечують запаси підстилки. Кількість підстилки в фітоценозах різна, залежить від видового складу та едафотопу, що зумовлюють надходження рослинних залишків під час відмирання надземної фітомаси. Запас підстилки є найбільш об'єктивним серед морфологічних показників степових фітоценозів, що відображає їх біогеоценотичну сутність.

Висновки

1. Загальна надземна маса та мортмаса степових угруповань залежить від видів домінантів у їх складі, режиму заповідання та антропопресингу. В усіх фітоценозах за фітомасою переважає домінант даних угруповань, а субдомінантами були різноманітні види з різними біомасовими показниками. Рослинним угрупованням абсолютно заповідної ділянки «Урочище Степок» притаманні найвищі показники надземної, підземної продукції та мортмаси, що слід розглядати як вплив резерватогенної мезофітизації ($329,95$ – $734,95$ і $1638,0$ – $1958,0 \text{ г}/\text{м}^2$).

2. Запаси підстилки в степових фітоценозах коливаються в межах $49,55$ – $459,76 \text{ г}/\text{м}^2$ і залежать від кам'янистості субстрату, положення в рельєфі, домінантних видів у фітоценозі та їх продуктивності, від впливу антропогенного навантаження, пасквальної дигресії і заповідання. Завдяки високій залишковій продукції рослин в умовах абсолютного режиму заповідання відбувається значна акумуляція підстилки.

3. Найбільші показники підземної маси для степових угруповань відмічені на схилах степових балок, величини якого залежать від біологічних особливостей домінанту в фітоценозі та ступеня кам'янистості субстрату. В формації *S. capillatae* в «Балці Комарова» це $1700,0 \text{ г}/\text{м}^2$, а мінімальні – в угрупованні формації *J. brachycephalae* «Урочища Пригір'я» – $1252,0 \text{ г}/\text{м}^2$.

4. Найбільш кореневонасиченим в усіх досліджених фітоценозах є ґрунтовий горизонт 0–10 см, де знаходиться основна коренева маса трав'янистих

рослин. Високі значення об'єму, площі поверхні та довжини коренів також притаманні цьому шару ґрунту. У нижче розміщених горизонтах усі показники суттєво зменшуються, особливо в горизонті 30–50 см.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2020

Список використаної літератури

1. Абатуров Б. Д. Первичная продуктивность степных растительных сообществ в комплексной полупустыне Северного Прикаспия / Б.Д. Абатуров, Ю.Д. Нухимовская, Н.Ю. Кулакова // *Успехи современной биологии*. – 2016. – Т. 136. № 5. – С. 438–448.
2. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н.И. Базилевич. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
3. Беляков С. О. Моделивання показників чистої первинної продуктивності та мортмаси трав'янистих угруповань ділянки «Стара» біосферного заповідника «Асканія-Нова» / С. О. Беляков, О.П. Гофман, І.Г. Вишенська // *Наукові записки НаУКМА. Сер. Біологія та екологія*. – 2016. – Т. 184. – С. 52–57.
4. Боровик Л. П. Проблема режима сохранения степи в заповедниках: пример Стрельцовой степи / Л.П. Боровик, Е.Н. Боровик // *Степной бюллетень*. – 2006. – № 20. – С. 29–33.
5. Гавриленко В. С. Некоторые итоги заповедного степеведения: чего хотели, что получили, что может быть? / В.С. Гавриленко // *Заповідні степи України. Стан та перспективи їх збереження: міжнарод. наук. конф., 18–22 вересня 2007 р.: матеріали*. – Асканія-Нова. – Армянськ: ПП Андреев О.В., 2007. – С. 16–9.
6. Геоботаніка: методичні аспекти досліджень. Навчальний посібник / [Б.Є. Якубенко, С.Ю. Попович, П.М. Устименко, Д.В. Дубина, А.М. Чурілов]. К.: Ліра К., 2018 – 316 с.
7. Голуєсов П. В. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи / П.В. Голуєсов, Ф.Н. Лисецкий. – М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.
8. Голубев В. Н. Основы биоморфологии травянистых растений центральной лесостепи / В. Н. Голубев. – Воронеж: Издат-во Воронежского ун-та, 1962. – 512 с.
9. Гофман О. П. Кореляційний аналіз динаміки надземної фітомаси рослинності асканійського степу за період 1996–2012 рр. у зв'язку з кількістю опадів / О.П. Гофман // *Наукові записки НаУКМА. Сер. Біологія та екологія*. – 2014. – Т. 158. – С. 70–77.
10. Гофман О. П. Постпірогенне відновлення рослинних угруповань типчаково-ковилового степу «Асканія-Нова» / О.П. Гофман // *Екологія та ноосферологія*. – 2015. Т. 26, №. 3–4. – С. 30–41. doi: 10.15421/031518
11. Гофман О. П. Історія досліджень фітомаси степових рослинних угруповань у біосферному заповіднику «Асканія-Нова» / О.П. Гофман // *Екологія та ноосферологія*. – 2016. – Т. 27, № 3–4. – С. 35–46. doi: 10.15421/031612.
12. Дідух Я. П. Геоботанічне районування України та суміжних територій / Я.П. Дідух, Ю.Р. Шеляг-Сосонко // *Укр. ботан. журн.* – 2003. – Т. 60, № 1. – С. 6–17.
13. Демин А. П. Подземная масса луговой растительности поймы р. Оки и воздействие на нее удобрений / А.П. Демин // *Бюлл. МОИП. Отд. биол.* – 1970. – Т. 75, Вып. 6. – С. 79–85.
14. Дрогобыч Н. Е. О разложении ветоши на асканийской степи / Н.Е. Дрогобыч // *Научн.-техн. бюлл. УНИИЖ «Аскания-Нова»*. – Херсон, 1980. – Вып. 1. – С. 70–71.
15. Етеревская Л. В. К вопросу теоретических основ рекультивации почв / Л.В. Етеревская, Е.А. Головачев // *Биомониторинг лесных экосистем степной зоны*. – Днепропетровск: ДГУ, 1992. – С. 97–104.
16. Зверковский В. Н. Особенности развития корневых систем древесных пород в условиях различной стратиграфии искусственных почвогрунтов рекультивируемых шахтных отвалов Западного Донбасса / В.Н. Зверковский // *Мониторинговые исследования лесных экосистем*

- степной зоны, их охрана и рациональное использование. – Днепропетровск: ДГУ, 1988. – С. 129–137.
17. Красова О. О. Знахідки *Eremogone cephalotes* (M. Bieb.) Fenzl на Криворіжжі і прилеглий території / О.О. Красова // Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин: II міжнар. наук. конф., 9–12 жовтня 2012 р.: матеріали. – К.: ПАЛИВОДА А.В., 2012. – С. 122–123.
 18. Красова О. О. Флористична та ценотична характеристики моніторингових степових ділянок південної частини Криворіжжя / О.О. Красова, Н.Ю. Шевчук, І.І. Коршиков // Укр. ботан. журн. – 2015. – Т. 72, № 5. – С. 431–441. doi: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj72.05.431>.
 19. Лавренко Е.М. Степи Евразии / Е.М. Лавренко, З.В. Карамышева, Р.И. Никулина. – Л.: Наука, 1991. – 145 с.
 20. Лисогор Л. П. Закономірності формування фітомаси в угрупованнях перелогів Кіровоградського геоботанічного району / Л.П. Лисогор // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Біологія. – 2014. – № 4 (61). – С. 32–37.
 21. Маринич О. М. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, О.М. Петренко, П.Г. Шищенко // Укр. геогр. журн. – 2003. – № 1. – С. 16–20.
 22. Орлова Л. Д. Формування запасів підстилки на суходільних луках лівобережного лісостепу України / Л.Д. Орлова // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2011. – Вип. 19, Т. 1. – С. 130–136.
 23. Осичнюк В. В. Зміни рослинного покриву степу // Рослинність УРСР. Степи, кам'янисті відслонення, піски / В.В. Осичнюк. – К.: Наук. думка, 1973. – С. 249–315.
 24. Положення про ботанічну пам'ятку природи загальнодержавного значення «Урочище «Степок» / Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 30.03.2012 № 207/ <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0207737-12#n8> (20.03.2020).
 25. Приходько С. А. Эколого-демографическая структура природных и интродукционных ценопопуляций как индикатор состояния степных фитоценозов / С.А. Приходько, Ю.В. Ибатулина, В.М. Остапко. – Донецк, 2013. – 309 с.
 26. Разложение растительных остатков в почве / под ред. М.С. Гилярова. – М.: Наука, 1985. – 143 с.
 27. Родин Л. Е. Динамика органического вещества и биологической продуктивности в основных типах растительности / Л.Е. Родин, Л.Н. Базилевич. – М.–Л.: Наука, 1965. – 253 с.
 28. Смелов С. П. Теоретические основы луговодства / С.П. Смелов. – М.: Колос, 1966. – 366 с.
 29. Ткаченко В. С. Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику / В.С. Ткаченко. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 184 с.
 30. Узбек И. Х. Особенности развития корневых систем люцерны и эспарцета, возделываемых на рекультивируемых почвах / И.Х. Узбек // Почвоведение. – 1981. – № 1. – С. 101–107.
 31. Узбек И. Х. Еколого-біологічна оцінка едафотопів техногенних ландшафтів степової зони України (на прикладі Нікопольського марганцеворудного басейну): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня, доктора біол. наук: 03.00.16 «Екологія» / І.Х. Узбек. – ДГУ: Дніпропетровськ, 2001. – 36 с.
 32. Чорнобай Ю. М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах / Ю.М. Чорнобай. – Львів: Вид-во ДІПМ НАН України, 2000. – 352 с.
 33. Шаповал В. В. До аналізу підземної фітомаси корінних асоціацій рослинності асканійського степу / В.В. Шаповал, С.С. Звєгінцов, О.П. Гофман // Біорізноманіття. Екологія. Адаптація. Еволюція: матер. VI міжнар. конф. молодих вчених, 13–17 травня 2013 р. – Одеса: Печатний дом, 2013. – С. 58.
 34. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1980. – 175 с.
 35. Bentsen M. The Norwegian Earth System Model, NorESM1-M – Part 1: Description and basic evaluation of the physical climate / M. Bentsen, I. Bethke, J.B. Debernard, T. Iversen, A. Kirkev-

- åg, Ø. Seland, H. Drange, C. Roelandt, I.A. Seierstad, C. Hoose, J.E. Kristjánsson // *Geosci. Model.* – 2013. – Dev. 6. – P. 687–720.
36. Hofstede R. G.M. Biomass of Grazed, Burned and Indisturbed / R.G.M. Hofstede, M.X.M. Castillo, M.R.O. Constanza // *Paramo Grasslands, Colombia. I. Aboverground Vegetation, Arct. and Alp. Res.*, 1995, vol. 27, no. 1, pp. 1–12.
37. Holland E. A. Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem / E.A. Holland, D.C. Coleman // *Ecology.* – 1987. – No. 68. – P. 425–433.
38. Jung J. K.H. Getting to the roots of it: genetic and hormonal control of root architecture / J.K.H. Jung, S. McCouch // *Frontiers in Plant Science.* – 2013. – Vol. 4, No. 186. – P. 1–21.
39. Knapp A. K. Detritus accumulation limits productivity of tallgrass prairie / A.K. Knapp, T.R. Seastedt // *BioScience.* – 1986. – No. 36. – P. 622–668.
40. Li H. Temperate dryland vegetation changes under a warming climate and strong human intervention – with a particular reference to the district Xilin Gol, Inner Mongolia, China / H. Li, X. Yang // *Catena* 119. – 2014. – P. 9–20.
41. Lin Ch. Deriving the spatiotemporal NPP pattern in terrestrial ecosystems of Mongolia using MODIS imagery / Ch. Lin, N. Dugarsuren // *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.* – 2015, 81(7). – P. 587–598.
42. Menges E. S. Life History Strategies of Florida Scrub Plants in Relation to Fire / E.S. Menges, N. Kohfeldt // *Bull. Torrey Bot. Club*, 1995. – Vol. 122, no. 4. – P. 282–297.
43. Milton S. J. Effects of Small-Scale Animal Disturbances on Plant Assemblages of Set-aside Land in Central Germany / S.J. Milton, W.R.J. Dean, S. Klotz // *J. Veget. Sci.*, 1997. – Vol. 8, no. 1. – P. 45–54.
44. Pastor J. Little bluestem litter dynamics in Minnesota oldfields / J. Pastor, M.A. Stillwell, D. Tilman // *Oecologia.* – 1987. – No. 72. – P. 327–330.
45. Valee L. M. Guidelines for the Translocation of Threatened Plants in Australia. 2nd Ed. / L.M. Valee, T. Hogbin, L. Monks, B. Makinson, M. Matthes, M. Rossetto // *Australian Network for Plant Conservation, Australia, Canberra*, 2004. – 170 p.
46. Watt T. A. An Experimental Study of the Impact of Seasonal Sheep Grazing on Formerly Fertilized Grassland / T.A. Watt, J.R. Treweek, F.S. Woolmer // *J. Veget. Sci.*, 1996. – Vol. 7, no. 4. – P. 535–542.
47. Weyant J. Report of 2.6 Versus 2.9 Watts/m² RCPP Evaluation Panel / J. Weyant, C. Azar, M. Kainuma, J. Kejun, N. Nakicenovic, P.R. Shukla, E. Rovere, G. Yohe. – Geneva, Switzerland: IPCC Secretariat, 2009. – 114 p.
48. Wildung R. E. The Independent Effects of Soil Temperature and Water Content on Soil Respiration Rate and Plant Root Decomposition in Arid Grassland Soils / R.E. Wildung, T.R. Gauland, R.L. Buschbom // *Soil Biol. Biochem.* – Pergamon Press, 1975. – Vol. 7. – P. 373–378.

N. Y. Shevchuk, I. I. Korshykov

Kryvyi Rih Botanical Garden, NAS of Ukraine

str. Marshak, 50, Kryvyi Rih, 50089, Ukraine, e-mail: natkasa@meta.ua,

IMPACT OF THE DEGREE OF ANTHROPOGENIC DISTURBANCE OF NATURAL STEPPE PHYTOCENOSES ON THEIR PRODUCTIVITY AND ACCUMULATION OF MORTMASS

Abstract

Introduction. The influence of anthropopressing on the formation of the aboveground and underground biomass and the combination of these factors on the accumulation of litter in steppe phytocenoses were studied. A comparative analysis of natural plant communities with the ones located in the area with the absolute reservation regime was carried out. Quantitative relations between the aboveground biomass and litter depending on the species composition of phytocenoses, edaphic conditions and anthropogenic pressure were found.

The **aim** of this article is to analyze the productivity and accumulation of mortmass in steppe phytocenoses depending on anthropogenic pressure in order to establish the specifics of their functioning in the conditions of Southern Kryvyi Rih Area.

Methods. The method of 1 m² mowing squares in 20-fold repetition with definition of absolutely dry weight was used to study the aerial part of grass stand phytomass and mortmass. The distribution of the underground organs of the grass stand in the soil pedons was determined by washing the soil monoliths in I.Kh. Uzbek modification. The weight and volume of the roots were determined. According to the preliminary data, we calculated the surface area and total root length. The data obtained were processed by the method of variation statistics.

Results and conclusions. As a result of the conducted studies, it was ascertained that the productivity of steppe phytocenoses and the accumulation of litter in them depends on the dominant species in their composition, the conservation regime, the position in the relief and pasture digression. The dominant of these communities prevails in all monitoring sites in the studied phytocenoses in the phytomass, with the species with different biomass indicators being subdominant. The highest indices of the aboveground, underground phytomass and mortmass are characteristic of the plant communities of the protected area, which should be considered as the effect of reserve-pathogenic mesophytization. Productivity and mortmass indicators for steppe communities on the slopes depend on the biological characteristics of the dominant in the phytocenosis, the position in the relief, the degree of rockiness of the substrate and the anthropogenic load. The most root-saturated soil horizons in all studied phytocenoses are the ones at depth of 0–10 cm, where the main root mass of herbaceous plants is located. Also, this soil layer is characterized by high values of volume, surface area and length of roots.

Keywords: steppe; plant communities; productivity; mortmass; reserve regime; anthropopressing; South Kryvyi Rih area.

References

1. Abaturon B.D., Nukhimovskaya Yu.D., Kulakova N.Yu. (2016) «*Primary productivity of steppe plant communities in the complex semi-desert of the Northern Caspian*» [Pervichnaja produktivnost' stepnyh rastitel'nyh soobshhestv v kompleksnoj polupustyne Severnogo Prikaspija], *Uspehi sovremennoj biologii*, 136, 5, pp. 438–448.
2. Bazilevich N.I. (1993) «*Biological productivity of ecosystems of Northern Eurasia*» [Biologicheskaya produktivnost ekosistem Severnoj Evrazii], Moskva, Nauka, 293 p.
3. Belyakov S.O., Hoffmann O.P., Vishenska I.G. (2016) «*Model of indicators of pure primary productivity and mortmas of herbs's growing corrugation of the dwarf "Stara" of the biosphere reserve "Askaniya-Nova"*» [Modelyuvannya pokaznikov chistoyi pervinnoyi produktivnosti ta mortmasi trav'yanistih ugrupovan dilyanki «Stara» biosfernogo zapovidnika «Askaniya-Nova»], *Naukovi zapiski NaUKMA. Serii: Biologiya ta ekologiya*, 184, pp. 52–57.
4. Borovik L.P., Borovik E.N. (2006) «*The problem of the regime of conservation of the steppe in reserves: an example of the Streltsovskaya steppe*» [Problema rezhima sohraneniya stepi v zapovednikah: primer Strelcovskoj stepi], *Stepnoj byulleten*, 20, pp. 29–33.
5. Gavrilenko V.S. (2007) «*Some results of reserved steppe studies: what did they want, what did they get, what could be?*» [Nekotorye itogi zapovednogo stepevedeniya: chego hoteli, chto poluchili, chto mozhet byt?], *Zapovidni stepi Ukraini. Stan ta perspektivi yih zberezheniya: mizhnarod. nauk. konf.*, 18–22 veresnya 2007: materialy, Askaniya-Nova, Armyansk, PP Andreyev O.V., pp. 16–9.
6. «*Geobotany: methodical aspects of researches. Study guide*» (2018) [Heobotanika: metodychni aspekty doslidzhen. Navchalnyi posibnyk / B.Ie. Yakubenko, S.Iu. Popovych, P.M. Ustyenko, D.V. Dubyna, A.M. Churilov], K.: Lira K., 316 s.
7. Goleusov P.V., Lisetskiy F.N. (2009) «*Soil reproduction in anthropogenically disturbed forest-steppe landscapes*» [Vosproizvodstvo pochv v antropogennno narushennyh landshtafah leso-stepi], M., GEOS, 210 p.
8. Golubev V.N. (1962) «*Fundamentals of biomorphology of herbaceous plants of the central forest-steppe*» [Osnovi biomorfologii travyanistyh rastenij centralnoj lesostepi], Voronezh, Izdat-vo Voronezhskogo un-ta, 512 p.
9. Hoffmann O.P. (2014) «*Corelate analysis of the dynamics of elevated phytomas and ascensions of the Ascan steppe for the period 1996–2012 pp. at the star's call of the opad*» [Korelyacijnij analiz dinamiki nadzemnoyi fitomasi roslinnosti askanijskogo stepu za period 1996–2012 rr. u zv'yazku z kilkisty opadiv], *Science Naukovi zapiski NaUKMA, Serii: Biologiya ta ekologiya*, 158, pp. 70–77.
10. Hoffmann O.P. (2015) «*Post-pyrogenic restoration of plant communities of the Ascania-Nova steppe and feather grass steppe*» [Postpirogenne vidnovlennya roslinnih ugrupovan tipchakovo-kovilovogo stepu «Askaniya-Nova»], *Ecology & Noospherology*, 26, 3–4, pp. 30–41. doi: 10.15421/031518.
11. Hoffmann O.P. (2016) «*Istoriya doslidzhen fitomasi of steppes of the long-term ugrupovanie at the biosphere reserve "Askaniya-Nova"*» [Istoriya doslidzhen fitomasi stepovih roslinnih ugrupovan u biosfernomu zapovidniku «Askaniya-Nova»], *Ecology & Noospherology*, 27, 3–4, pp. 35–46. doi: 10.15421/031612.
12. Didukh Ya.P., Shelyag-Sosonko Yu.R. (2003) «*Geobotany district of Ukraine and the total territories*» [Geobotanichne rajonuvannya Ukraini ta sumizhnih teritorij], *Ukrayinskij botanichnij zhurnal*, 60, 1, pp. 6–17.
13. Demin A.P. (1970) «*The underground masa of meadow vegetation of the floodplain of the river Oka and the effect of fertilizers on it*» [Podzemnaya masa lugovoj rastitelnosti pojmy r. Oki i vozdeystvie na nee udobrenij], *Byull. MOIP. Otd. biol.*, 75, 6, pp. 79–85.
14. Drohobych N.E. (1980) «*On the decomposition of rags on the Askanian steppe*» [O rozlozhenii vetoshi na askanijskoj stepi], *Nauchn.-tehn. byull. UNIIZh «Askaniya-Nova»*, Herson, 1, pp. 70–71.
15. Eterevskaya L.V., Golovachev E.A. (1992) «*On the theoretical basis of soil remediation*» [K vo-

- prosu teoreticheskikh osnov rekultivacii pochv], Biomonitoring lesnyh ekosistem stepnoj zony, Dnepropetrovsk, DGU, pp. 97–104.
16. Zverkovsky V.N. (1988) «*Features of the development of root systems of tree species under different stratigraphy of artificial soil in reclaimed mine dumps of the Western Donbass*» [Osobennosti razvitiya kornevyh sistem drevesnyh porod v usloviyah razlichnoj stratigrafii iskusstvennyh pochvogrunтов rekultiviruemym shahtnym otvalov Zapadnogo Donbassa], Monitoringovyе issledovaniya lesnyh ekosistem stepnoj zony, ih ohrana i racionalnoe ispolzovanie, Dnepropetrovsk, DGU, pp. 129–137.
 17. Krasova O.O. (2012) «*Witches of Eremogone cephalotes (M. Bieb.) Fenzl on Krivorizhzhzhi i adjoining territory*» [Znahidki Eremogone cephalotes (M. Bieb.) Fenzl na Krivorizhzhzhi i prileglij teritoriji], Roslinnij svit u Chervonij knizi Ukraini: vprovadzhennya Globalnoyi strategiyi zberezheniya roslin: materialy II Mizhnar. nauk. konf., 9–12 zhovtnya 2012, K., PALIVODA A.V., pp. 122–123.
 18. Krasova O.O., Shevchuk N.Yu., Korshikov I.I. (2015) «*Floristic and coenotic characteristics of monitoring steppe sections of the southern part of Kryvorizhzhya*» [Floristichna ta cenotichna harakteristiki monitoringovih stepovih dilyanok pivdennoyi chastini Krivorizhzhya], Ukrayinskij botanichnij zhurnal, 72, 5, pp. 431–441. doi: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj72.05.431>
 19. Lavrenko E.M., Karamysheva Z.V., Nikulin R.I. (1991) «*Steppes of Eurasia*» [Stepi Evrazii], L., Nauka, 145 p.
 20. Lisogor L.P. (2014) «*Patterns of phytomass formation in groups of deposits of Kirovograd geobotanical area*» [Zakonomirnosti formuvannya fitomasi v ugrupovannyah perelogiv Kirovogradskogo geobotanichnogo rajonu], Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnogo universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka, Seriya: Biologiya, 4(61), pp. 32–37.
 21. Marinich O.M., Parkhomenko G.O., Petrenko O.M., Shishchenko P.G. (2003) «*Improved scheme of physical and geographical zoning of Ukraine*» [Udoskonalena shema fiziko-geografichnogo rajonuvannya Ukrainy], Ukr. geogr. zhurn., 1, pp. 16–20.
 22. Orlova L.D. (2011) «*Formation of litter reserves on the dry meadows of the left-bank forest steppe of Ukraine*» [Formuvannya zapasiv pidstilki na suhodilnih lukah livoberezhnogo lisostepu Ukrainy], Visnik Dnipropetrovskogo universytetu, Biologiya. Ekologiya, 19, 1, pp. 130–136.
 23. Osichnyuk V.V. (1973) «*Zmini roslinnogo pokrivu stepu*» [Roslinnist URSR. Stepi, kam'yanisti vidslonennya, piski], Kiyiv, Naukova dumka, pp. 249–315.
 24. «*Regulations on the botanical nature monument of national importance "Tract" Stepok " / Order of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine of 30.03.2012 No.207*» [Polozhennya pro botanichnu pam'yatku prirodi zagalnodержavnogo znachennya «Urochishe «Stepok» / Nakaz Ministerstva ekologiyi ta prirodnih resursiv Ukrainy vid 30.03.2012 №207] / <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0207737-12#n8> (03/20/2020).
 25. Prikhodko S.A., Ibatulina Yu.V., Ostapko V.M. (2013) «*Ecological and demographic structure of natural and production coenopopulations as an indicator of the state of steppe phytocenoses*» [Ekologo-demograficheskaya struktura prirodnyh i ntrodukcionnyh cenopopulyacij kak indikator sostoyaniya stepnyh fitocenzov], Doneck, 309 p.
 26. «*Decomposition of plant residues in soil*» (1985) / pod red. M.S. Gilyarova, M., Nauka, 143 p.
 27. Rodin L.E., Bazilevich L.N. (1965) «*The dynamics of organic matter and biological productivity in the main types of vegetation*» [Dinamika organicheskogo veshhestva i biologicheskoy produktivnosti v osnovnyh tipah rastitel'nosti], M.-L., Nauka, 253 p.
 28. Smelov S.P. (1966) «*Theoretical foundations of meadow farming*» [Teoreticheskie osnovy lugovodstva], M., Kolos, 366 p.
 29. Tkachenko V.S. (2004) «*Phytocenotic monitoring of reserve successions in the Ukrainian steppe nature reserve*» [Fitocenotichnij monitoring rezervatnih sukcesij v Ukrayinskomu stepovomu prirodnomu zapovidniku], K., Fitosociocentr, 184 p.
 30. Uzbek I.Kh. (1981) «*Features of the development of root systems of alfalfa and sainfoin cultivated on reclaimed soils*» [Osobennosti razvitiya kornevyh sistem lyucerny i esparceta, vozdeleyvaemyh na rekultiviruemym pochvah], Pochvovedenie, 1, pp. 101–107.

31. Uzbek I.Kh. (2001) *Ecological-biological assessment of edaphotopes of man-made landscapes of the steppe zone of Ukraine (on the example of the Nikopol manganese-ore basin)* [Ekologo-biologichna ocinka edafotopiv tehnogennih landshaftiv stepovoyi zoni Ukrayini (na prikladi Nikopolskogo margancevorudnogo basejnu). author. dis.... doktora biol. nauk], Dnipropetrovsk, 36 p.
32. Chornobay Yu.M. (2000) «*Transformation of plant detritus in natural ecosystems*» [Transformaciya roslinnogo detritu v prirodnihi ekosistemah], Lviv, Vid-vo DPM NAN Ukrayini, 352 p.
33. Shapoval V.V., Zvegincov S.S., Gofman O.P. (2013) «*On the analysis of underground phytomass of indigenous associations of vegetation of the Ascanian steppe*» [Do analizu pidzemnoyi fitomasi korinnih asociacij roslinnosti askanijskogo stepu], Bioriznomanittya. Ekologiya. Adaptaciya. Evolyuciya: mater. VI Mizhnar. konf. molodih vchenih, 13–17 travnya, Odesa, Pechatnyj dom, p. 58.
34. Schmidt V.M. (1980) «*Statistical methods in comparative floristry*» [Statisticheskie metody v sravnitelnoj floristike], L., Izd-vo Leningr. gos. un-ta, 175 p.
35. Bentsen M., Bethke I., Debernard J.B., Iversen T., Kirkevåg A., Seland Ø., Drange H., Roelandt C., Seierstad I.A., Hoose C., Kristjánsson J. E. (2013) The Norwegian Earth System Model, NorESM1-M. Part 1: Description and basic evaluation of the physical climate, Geosci. Model., 6, pp. 687–720.
36. Hofstede R.G.M., Castillo M.X.M., Constanza M.R.O. (1995) Biomass of Grazed, Burned and Indisturbed, Paramo Grasslands, Colombia. I. Aboveground Vegetation, Arct. and Alp. Res., 27, 1, pp. 1–12.
37. Holland E.A., Coleman D.C. (1987) Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem, Ecology, 68, pp. 425–433.
38. Jung J.K.H., McCouch S. (2013) Getting to the roots of it: genetic and hormonal control of root architecture, Frontiers in Plant Science, 4, 186, pp. 1–21.
39. Knapp A.K., Seastedt T.R. (1986) Detritus accumulation limits productivity of tallgrass prairie, BioScience, 36, pp. 622–668.
40. Li H., Yang X. (2014) Temperate dryland vegetation changes under a warming climate and strong human intervention – with a particular reference to the district Xilin Gol, Inner Mongolia, China, Catena 119, pp. 9–20.
41. Lin Ch., Dugarsuren N. (2015) Deriving the spatiotemporal NPP pattern in terrestrial ecosystems of Mongolia using MODIS imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 81(7), pp. 587–598.
42. Menges E.S., Kohfeldt N. (1995) Life History Strategies of Florida Scrub Plants in Relation to Fire, Bull. Torrey Bot. Club, 122, 4, pp. 282–297.
43. Milton S.J., Dean W.R.J., Klotz S. (1997) Effects of Small-Scale Animal Disturbances on Plant Assemblages of Set-aside Land in Central Germany, J. Veget. Sci., 8, 1, pp. 45–54.
44. Pastor J., Stillwell M.A., Tilman D. (1987) Little bluestem litter dynamics in Minnesota oldfields, Oecologia, 72, pp. 327–330.
45. Valee L.M., Hogbin T., Monks L., Makinson B., Matthes M., Rossetto M. (2004) Guidelines for the Translocation of Threatened Plants in Australia. 2nd Ed., Australian Network for Plant Conservation, Australia, Canberra, 170 p.
46. Watt T.A., Treweek J.R., Woolmer F.S. (1996) An Experimental Study of the Impact of Seasonal Sheep Grazing on Formerly Fertilized Grassland, J. Veget. Sci., 7, 4, pp. 535–542.
47. Weyant J., Azar C., Kainuma M., Kejun J., Nakicenovic N., Shukla P. R., Rovere E., Yohe G. (2009) Report of 2.6 Versus 2.9 Watts/m² RCPP Evaluation Panel, Geneva, Switzerland: IPCC Secretariat, 114 p.
48. Wildung R.E., Gauland T.R., Buschbom R.L. (1975) The Independent Effects of Soil Temperature and Water Content on Soil Respiration Rate and Plant Root Decomposition in Arid Grassland Soils, Soil Biol. Biochem, Pergamon Press, 7, pp. 373–378.

ГЕНЕТИКА І МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ



І. І. Моцний ¹ к.б.н., провідний науковий співробітник,
О. О. Молодченкова ¹ д.б.н., зав. лабораторією,
А. П. Смертенко ² Dr., Assistant Professor,
М. А. Литвиненко ¹ д.с.-х.н., ак. НААНУ, зав. відділом,
Є. А. Голуб ¹ к.с.-х.н., провідний науковий співробітник,
Л. Т. Міщенко ³ д.б.н., професор.

¹ Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН України, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна, e-mail: motsnyyii@gmail.com,

² Institute of Biological Chemistry, Washington State University, PO Box 646340, Pullman, WA 99164, USA, e-mail: andrei.smertenko@wsu.edu,

³ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології та медицини», вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна, e-mail: lmishchenko@ukr.net.

СТВОРЕННЯ ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ З ОЗНАКАМИ СТІЙКОСТІ ДО ФІТОПАТОГЕНІВ

Досліджена стійкість до поширених захворювань та дана селекційна оцінка удосконаленим інтрогресивним лініям, створеним шляхом багаторазового схрещування амфіплоїдів, примітивних ліній або колекційних зразків з сучасними сортами пшениці м'якої озимої. Відмічено низьку частоту об'єднання групової стійкості з високою врожайністю та якістю зерна. Виявлено, що генетичне середовище окремих інтрогресивних ліній сприятливе для реалізації позитивного впливу пшенично-житньої транслокації 1BL.1RS як на господарсько цінні, так і на адаптивні ознаки на півдні України та можливість її комбінування з іншими генами стійкості. Установлена відсутність кореляції стійкості до борошнистої роси, листової та стеблової іржі з урожайністю як за відсутності, так і наявності природного інфекційного фону та слабкий позитивний зв'язок ($R_{sp}=0,26^{**}$) урожайності зі стійкістю до септоріозу і жовтої іржі лише в одному варіанті досліджу. У більшості випадків спостерігається слабка достовірна позитивна кореляція стійкості з вмістом білка і маси 1000 зерен (MTЗ), а також між показниками стійкості ліній до різних хвороб, що очевидно є наслідком штучного добору на групову стійкість. Виділені селекційні лінії (E2792/14, AIL1161/16, E218/09, E212/09, AIL1073/16) з чужинними полігенними комплексами стійкості до іржастих хвороб, високих значень MTЗ, вмісту білка, а також морфологічних ознак, які характеризуються високою продуктивністю, адаптивністю, толерантністю до низьких агрофонів, хлібопекарською якістю. Лінії позбавлені багатьох негативних якостей, притаманних дикорослим видам, можуть бути перспективним джерелом стійкості до означених хвороб та становити інтерес для подальшої селекційної роботи на півдні України, за умови збереження чужинних генних комплексів.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L.; інтрогресивні лінії; стійкість; продуктивність.

Одним із чинників, що обмежують одержання високих урожаїв пшениці м'якої озимої *Triticum aestivum* L. є хвороби, втрати від яких можуть сягати 15-30 % і більше [31], тому проводиться масштабний пошук нових джерел стійкості та створення вихідного матеріалу, зокрема методом віддаленої гібридизації [9]. Найбільш поширеними і шкідливими вважаються грибні хвороби, зокрема листостеблові (e.g., борошниста роса, види іржі, септоріоз листя) [15; 18; 20]. Шкодочинність їх полягає не лише у зменшенні продуктивності, а й у погіршенні товарних та посівних характеристик зерна [11; 31].

Борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* March.) поширена в Україні повсюдно, уражує листки, листові піхви, стебла, іноді колоскові луски і остюки. Оптимальними умовами для розвитку гриба є прохолодна температура та висока вологість повітря. За сильного розвитку хвороби зменшується продуктивна кущистість рослини, передчасно засихають листки. Затримується колосіння і виникає пустоколосість, погіршується налив зерна, в якому зменшується вміст білка, крохмалю і сирої клейковини [11]. Особливо небезпечна борошниста роса за поширення на верхні яруси рослини. Протягом 2007–2008 с.-г. року на півдні України відбулася різка зміна расового складу у збудника хвороби в сторону його більшої агресивності і вірулентності [15].

Іржа пшениці має три види – листову (*Puccinia triticina* Erikss. & Henn.), стеблову (*Puccinia graminis* sp. *tritici* Erikss. & Henn.) та жовту (*Puccinia striiformis* West.), які вважаються найбільш шкодочинними хворобами культури. В цілому, шкідливість іржастих хвороб зумовлена порушенням обміну речовин в ураженій рослині. Відбувається зниження асиміляції CO₂ та вмісту хлорофілу; посилення дихання рослин та зміна шляхів розпаду речовин при диханні; погіршується інтенсивність транспірації внаслідок численних розривів епідермісу, на зарубцювання яких рослина витрачає значний запас енергетичних і пластичних речовин [17].

Найпоширенішою є листову іржу, яка уражує пшеницю майже повсюдно [1; 18; 20]. При цьому озимина може уражатися ще восени у фазі сходів та кущення, але найбільшої шкоди хвороба завдає у фазі молочної стиглості. За період вегетації пшениці збудник утворює декілька генерацій урединій з урединіоспорами, чим пояснюється інтенсивне нарощування хвороби до початку цвітіння рослин. Патоген гетерогенний за расовим складом, його вірулентністю й агресивністю в залежності від умов року. Стеблева і жовта іржа менш поширені на півдні України, але вважаються набагато шкідливішими [31; 32]. Їх расовий склад визначений і характеризується відносною стабільністю по роках [1]. Жовта іржа набуває значення в окремі роки зі сприятливими для хвороби умовами (м'які зими, прохолодні і вологі весна і літо). Характерний прояв ураження – лимонно-жовті довгасті смуги у вигляді пунктирних ліній, що складаються з урединій. Пізніше у місцях ураження утворюються темно-бурі або майже чорні телії, що не проривають епідермісу. Наразі жовта іржа адаптувалась до підвищення температури і значно збільшила ареал поширен-

ня. При чому, епіфітотії, спричинені толерантними до високих температур расами, більш агресивні, тому стійкість сортів долається протягом короткого періоду.

Стеблова іржа, хоча й спостерігається всюди, де вирощується пшениця, але шкідлива тільки в районах з теплим та вологим кліматом, де вважається самою деструктивною хворобою пшениці. З виникненням вкрай небезпечної раси Ug99, до 90 % сортів пшениці в світі, в тому числі і захищені геном *Sr31*, набули сприйнятливості до патогена, і, таким чином, хвороба може завдавати великої шкоди в широкому ряді географічних регіонів світу [31]. В Одесі стеблова іржа зустрічається, поки що, лише при штучному зараженні. У 2019 році її виявили в польових умовах в Київській обл. Хвороба проявляється після цвітіння на стеблах, рідше – на стрижнях колоса та колосових лусочках у вигляді іржасто-бурих довгастих урединій, які зливаються у вигляді бурих смуг, що розривають епідерміс. Потік поживних речовин у стеблах рослини переривається, вражається колос, що викликає зморшкуватість зерна. Крім того, інфіковані стебла ослаблені, і, отже, схильні до вилягання, що призводить до подальших втрат зерна. Загалом, щорічні втрати врожаю від цих хвороб становлять від 15 до 25 %, а при епіфітотійному розвитку до 40–50 %, і показники з кожним роком збільшуються [31; 32].

Істотну небезпеку для посівів наразі становить і септоріоз листя (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.). Інфекція поширюється від нижніх листків до верхніх ярусів рослини за відносної вологості повітря 90–100 % та температури 12–25° С; посуха в період вегетації суттєво гальмує або повністю припиняє розвиток гриба. Максимальний прояв хвороби спостерігається у фазі молочно-воскової стиглості, хоча значної шкоди вона завдає уже у фазах трубкування-цвітіння. Шкодочинність проявляється у зменшенні асиміляційної поверхні листя, недорозвиненості колоса, в якому формується щупле зерно. За масового розвитку хвороби втрати врожаю сягають 30–40 % [29].

Підвищення стійкості пшениці до хвороб може бути досягнуто за рахунок генетичних ресурсів близькоспоріднених дикорослих і культурних видів і родів та штучно створених на їх основі амфіплоїдів різної геномної структури [9; 28]. Методом віддаленої гібридизації у пшеницю м'яку вдалось передати корисні гени стійкості до хвороб [2; 6] і шкідників [16; 28], посухо-, морозо- і солестійкості [12; 14; 30]. Численність результатів з успішним використанням одержаних гібридів свідчить про перспективність залучення інтрогресивної рекомбінантної мінливості в селекцію пшениці м'якої озимої [7]. Це підвищує ймовірність виведення селекційних форм з вищою, ніж у стандарту, реальною (господарською) продуктивністю. Найбільшу цінність для селекції мають лінії, які виділились за комплексом ознак у роки із сильним розвитком хвороб.

В результаті віддаленої гібридизації у відділі загальної та молекулярної генетики СГІ–НЦНС (м. Одеса) були створені оригінальні первинні інтрогресивні лінії, що відрізняються високою стійкістю до хвороб. Серед недоліків ліній

– пізньостиглість, низькі показники продуктивності, морозостійкості та якості. В результаті 3–8 насичувальних схрещувань адаптивного сорту пшениці м'якої озимої Одеська 267 з кращими з цих ліній, а також колекційними зразками, штучними видами пшениці та амфіплоїдами за участю *Aegilops tauschii* Coss., схрещування сорту Селянка з елітними синтетиками і подальших ступінчастих схрещувань одержаних гібридів з сучасними сортами СГІ–НЦНС та 6–8 самозапиленень одержано 736 удосконалених інтрогресивних ліній пшениці м'якої.

Мета досліджень – визначити успадкування стійкості до поширених хвороб та дати селекційну оцінку удосконаленим інтрогресивним лініям, визначити зв'язки між окремими агрономічними та господарсько-цінними ознаками і виділити лінії-донори, що поєднують високу продуктивність з максимальним проявом цінних ознак чужинного походження та адаптованих до умов вирощування на півдні України.

Матеріали і методи дослідження

У 2016–2019 рр. в селекційному (СР) та контрольному (КР) розсадниках вивчалися інтрогресивні лінії пшениці м'якої озимої різних генерацій, ступенів насичування та походження в обсязі 736 шт. В основному це похідні від схрещування низки сортів пшениці м'якої з 3 рекомбінантними первинними та 1 покращеною інтрогресивними лініями, 1 сортом, 1 колекційним зразком та 1 транслокантною лінією, 2 оригінальними амфіплоїдами за участю *Elymus sibiricus* L. та 6 амфіплоїдами за участю *Ae. tauschii*. Більшість з них створені на базі яро-озимих гібридів. Весь експериментальний матеріал одержано методом Pedigree внаслідок численних багаторічних індивідуальних доборів на природному та штучному інфекційному фоні досліджених хвороб як при безкросуванні, так і після самозапилення. При цьому добір елітних рослин для створення ліній розпочинали з першої генерації, що розщеплюється, і проводили без будь-якого хімічного захисту рослин від хвороб та шкідників. При доборі ліній особливу увагу звертали на їхню константність як за окремими, в тому числі чужинними, ознаками, так і за їх комплексом.

Для одержання удосконалених інтрогресивних ліній пшениці використовували проміжні форми – 42-хромосомні синтетичні амфіплоїди тетраплоїдних видів пшениці (*T. durum* Desf., *T. dicoccum* Schuebl. та *T. militinae* Zhuk. et Migusch.) з *Ae. tauschii*. Також, застосовували насичувальні схрещування з оригінальними первинними інтрогресивними лініями Erythrosperrum 200/97-2 (E200/97-2), Hostianum 242/97-1 (H242/97-1), і Erythrosperrum 125/03 (E125/03), колекційним зразком H74/90-245 та оригінальними амфіплоїдами ЧЕ1342/98 і ЧЕ1345/98. Лінії E200/97-2, H242/97-1 та E125/03 створені від схрещування октоплоїдного тритикале АД825 (Гостіанум 237 / жито Воронежське СГІ) з сортом озимої твердої пшениці Чорномор і перезапилення гібридів F₃

пилком колекційного зразка Н74/90-245. Крім того, кілька удосконалених ліній одержані за участі сорту Віген, похідного від гібридизації з октоплоїдним НПЕА *Elytricum fertile* [8], інтрогресивної лінії E214/09-1 (H242/97-1 / Од.267*³ //Куяльник F_∞) або після заключного схрещування бекросованих гібридів з лінією МА1, яка має модифіковану транслокацію 1BL.1RS_m в генетичному фоні ярого сорту Pavon 76 [25].

Колекційні зразки та амфіплоїди були отримані з робочих колекцій дикорослих видів і амфіплоїдів відділів загальної та молекулярної генетики і генетичних основ селекції СГІ-НЦНС, зібраних за роки їх існування. Так, зразок Н74/90-245 був створений в сільськогосподарському інституті «Добруджа» (колишньому Інституті пшениці та соняшнику, ППС), Генерал-Тошево (Болгарія) від схрещування (*T. aestivum* Tom Pouce Blanc / АД(*T. timopheevii* Zhuk. / *Ae. tauschii* ssp. *stragulata*) // *T. aestivum* Аврора /3/ *T. aestivum* Русалка). В Національному центрі генетичних ресурсів рослин України Інституту рослинництва (НЦГРРУ ІР) ім. В.Я. Юр'єва (м. Харків) він інтродукований під номером IU029995. Ярий синтетичний амфіплоїд ПЕАГ (*T. dicoccum* u-244569 / *Ae. tauschii* k-110, A^uBD) створено М.С. Летифовою на Дербентській дослідній станції Всесоюзного інституту рослинництва і отримано від к.б.н. Р.Л. Богуславського (НЦГРРУ ІР ім. В.Я. Юр'єва) (каталожний № UA0500010). Амфіплоїд Жирова (*T. militinae* / *Ae. tauschii*, A^uGD) створено Є.Г. Жировим в Краснодарському науково-дослідному інституті сільського господарства (Росія) і отримано також із НЦГРРУ ІР ім. В.Я. Юр'єва (каталожний № UA0500016). Амфіплоїди (геномно-заміщені форми, 2n=42, ABS^u) ЧЕ1342/98 та ЧЕ1345/98 отримано нами від схрещування сорту пшениці твердої озимої Чорномор з ярим октоплоїдним НПЕА *Elytricum fertile* і подальшим заміщенням геному D м'якої пшениці S¹ геномом тетраплоїдного виду *E. sibiricus*. Ярі елітні синтетики (*T. durum* Altar 84 / зразки *Ae. tauschii*, ABD) створені в CIMMYT (Мексика) [28] і отримані нами від чл.-кор. НАН України О.І. Рибалки. Згідно з літературними та нашими попередніми даними всі вихідні лінії, зразки та амфіплоїди мають високу стійкість до борошнистої роси, листової, жовтої і стеблової іржі [8; 25; 27; 28].

Різноманіття батьківських форм, залучених у схрещування з сортами СГІ-НЦНС, було класифіковано в залежності від джерела стійкості (табл. 1). Це розділення досить умовне, оскільки в родовід зразка Н74/90-245, як і амфіплоїдів ПЕАГ і АД Жирова, входить *Ae. tauschii*. Однак лише похідні зразка Н74/90-245 мають пшенично-житню транслокацію (ПЖТ) 1BL.1RS та *T. timopheevii* в родоводі, а синтетики, що віднесені до джерела «*Ae. tauschii*», не мають в родоводі інших чужинних джерел стійкості, крім різних зразків егілопса. В клас «Інші» об'єднані батьківські форми, які не мають спільного походження, через малочисельність та статистичну незначущість їх похідних.

Таблиця 1.

Класифікація батьківських форм, залучених в схрещування, в залежності від джерел стійкості

Джерело стійкості	Батьківські форми, залучені в схрещування для одержання інтрогресивних ліній
H74/90-245	H74/90-245; E200/97-2; H242/97-1; E125/03; E214/09-1
Амфіплоїди	ПЕАГ; АД Жирова
<i>Ae. Tauschii</i>	ES4 (CIGM87.2775, WX193 ¹⁾); ES17 (CIGM87.2760, WX220); ES20 (CIGM87.2761, WX221); ES25 (CIGM86.942, WX224);
Інші	ЧЕ1342/98; ЧЕ1345/98; Віген; МА1

¹⁾ Пропис комбінації схрещування та № зразка *Ae. tauschii* по каталогу СУММІТ [28].

Полеві дослідження були закладені у сівозміні відділу селекції та насінництва пшениці СГІ–НЦНС згідно загальноприйнятої схеми селекційного процесу самозапильних культур. Попередник – чорний пар. В СР (2016 р.) матеріал був висіяний 1-рядковими ділянками: довжина рядка 1,15 м, площа живлення окремої рослини 30 × 5 см². Для визначення стійкості до листової та стеблової іржі матеріал додатково сіяли в інфекційному розсаднику відділу фітопатології та ентомології СГІ–НЦНС на штучному фоні цих хвороб з обсівом накопичувача (суміш високосприйнятливих сортів, інтенсивність ураження яких усіма дослідженими хворобами була 1–2 бали). Інокуляцію проводили сумішню рас листової та стеблової іржі [1; 20].

Для визначення продуктивності та окремих показників якості зерна відібрані лінії були висіяні в КР (2017–2019 рр.) без повторності. Посів проводився селекційною тракторною сівалкою ССФК-7 з порційним апаратом, облікова площа ділянки 5 м² з розрахунку по 450–500 схожих зерен на 1 м² (норма висіву 4,5 млн зерен/га). Сорти-стандарти (Антонівка, Куяльник, Ліра, Мудрість, Традиція, Наснага та ін.) та рекурентну форму (Одеська 267) сіяли через кожні 10 номерів в три-чотирикратній повторності. Внесення добрив здійснювали згідно з технологічною картою інституту: 1) під передпосівну культивування вносили 150 кг/га нітроамофоски; 2) ранньовесняне підживлення по таломерзлому ґрунту проводили аміачною селітрою в дозі 200 кг/га за допомогою сівалки СЗ-3,6; 3) підживлення по листу здійснювали обприскуванням баковою сумішшю із використанням карбаміду з розрахунку 10–12 кг/га. Урожай, вирощений суцільним способом, збирали селекційним комбайном «Сідмаїстер-125».

Матеріал оцінювався за рядом показників: дата колосіння, висота рослин, урожайність, якість зерна. Стійкість до більшості хвороб оцінювали три рази за сезон: на стадіях виходу колоса в трубку, цвітіння і молочної стиглості зерна, до стеблової іржі – на стадіях цвітіння, молочної і повної стиглості зерна. При цьому останній облік припадав на період максимального розвитку хворо-

би. Ступінь ураження рослин визначали за 9-бальною інтегрованою шкалою, розробленою на основі модифікованої шкали Саарі і Прескотта [1]. За цими обліками розраховували площу під кривою розвитку стійкості до хвороби (S), яка служила інтегральним показником стійкості ліній для кореляційного аналізу [1]:

$$S = S(Y_i + Y_{i+1}) * (t_{i+1} - t_i) / 2,$$

де: Y – оцінка стійкості (бал); t – дата обліку; i – номер обліку.

Вміст білка визначали у ціЛЬНОЗМЕЛЕНОМУ борошні за методом К'ельдаля на приладі Kjeltac-Auto 1030 ("FOSS", Швеція), а масу тисячі зерен (МТЗ) за загальноприйнятою методикою (ДСТУ 4138-2002) [5].

Відмінності досліджених показників від значень стандартів легітимізували за допомогою стандартного відхилення ($\pm SD$). Емпіричні та розраховані показники врожайності, МТЗ, вмісту білка були скомбіновані методом суми рангів, як це запропоновано [23]. Генотипи, що мали найвищу суму скоригованих рангів за агрономічними ознаками, показниками якості та стійкості, вважались ефективними для добору за комплексом ознак.

Кореляційний аналіз виконували розраховуючи непараметричний коефіцієнт кореляції Спірмена (R_{sp}), який не вимагає нормальності розподілу даних. У разі необхідності визначали ліміти варіації (LV), критерій Фішера (F) та ступені вірогідності того чи іншого показника, критерію або коефіцієнта (p). Для спрощення подачі матеріалу в таблицях і тексті статті наводяться уніфіковані загальноприйняті позначення ступеню достовірності визначених нами або взятих з літератури показників, критеріїв і коефіцієнтів: * – вірогідно при $p < 0,05$; ** – вірогідно при $p < 0,01$; *** – вірогідно при $p < 0,001$. Позначення хвороб в таблицях і тексті наведені у відповідності з міжнародним каталогом генних символів [26].

Результати

У 2016 р. в СР було вивчено 736 новостворених інтрогресивних ліній різного рівня стійкості до однієї або групи хвороб. Переважна більшість з них уже були відібрані як константні на дослідній ділянці відділу загальної та молекулярної генетики або в інфекційному розсаднику відділу фітопатології та ентомології і являли собою потомство кількох рослин. Частина ліній були потомством окремих, стійких до тієї чи іншої хвороби рослин, відібраних безпосередньо перед передачею їх у СР. Фітопатологічна оцінка ліній почасти підтвердила їх рівень стійкості до зазначених хвороб, проте зіставлення бальних оцінок виявило досить широку варіабельність ступеня враження ліній борошнистою росою, листовою іржею і септоріозом за роками. Кореляція між бальними оцінками стійкості до однієї і тієї ж хвороби, одержаними на одних і тих же лініях в різні роки їх вирощування, варіювала в залежності від вибірки ліній від $R_{sp} = 0,40^{***}$ до $R_{sp} = 0,45^*$ для борошнистої роси, в межах $R_{sp} = 0,49^{***}$ – $0,82^{***}$ для листової іржі і складала $R_{sp} = 0,33^{***}$ для септоріозу. Можливо, це зумовлено змінами

расового складу популяцій патогенів, що підтверджується свідченнями фітопатологів [1; 15] і наявністю в матеріалі неідентифікованих малоефективних расоспецифічних генів стійкості.

Дещо інше пояснення стосується схожої реакції матеріалу на жовту іржу ($R_{sp}=0,17-0,25^*$), де різні за роками бали у тих самих ліній можуть зумовлюватися, крім зазначеної вище причини, вогнищним нерівномірним характером прояву хвороби. Проте, за реакцією до стеблової іржі, інтрогресивні лінії більшою мірою різнилися залежно від походження матеріалу, ніж від умов року, а їх бальна оцінка була найбільш постійною за роками ($R_{sp}=0,73^{***}-0,84^{***}$). Виключенням є лише кореляція між даними, одержаними на природному фоні в 2017 р., та оцінками інших років, коли обліки проводились в інфекційному розсаднику ($R_{sp}=0,37-0,38$). Це очевидно зумовлено наявністю штучного суцільного інфекційного фону хвороби з однаковим інфекційним навантаженням і расовим складом у різні роки.

Досить часто, лінії, стійкі до стеблової іржі, проявляли стійкість і до листової, але уражувались жовтою іржею. Проте, виділені окремі лінії, що мають стійкість до всіх видів іржі (E218/09, AIL1073/16, PIL956/16, PIL578PH16, PIL692/18 та ін.). У цьому відношенні найефективнішими виявилися похідні від схрещування АД825 / Чорномор F₃ // H74/90-245 (опосередковані похідні зразка H74/90-245), а також безпосередні похідні самого H74/90-245 (табл. 2). В СР добір ліній проводили за зовнішнім виглядом (загальна селекційна оцінка ≥ 3 бали) та константністю за ознаками інтересу (стійкість до хвороб та морфології рослини). Із 736 досліджених ліній в контрольний розсадник 2017 року (КР-2017) було відібрано 120, в у КР-2018 – 24 лінії.

Інші лінії не виглядали селекційно привабливими (загальна оцінка 2 бали), розщеплювались або не мали ознак інтересу. Тому, протягом 2016–2017 рр. як в СР, так і в КР серед матеріалу, що розщеплювався але привертав увагу, для одержання гомозиготних ліній було додатково проведено індивідуальний добір кращих рослин (по 3–5 колосів з лінії) з ознаками стійкості до поширених хвороб. В 2018 р. потомство цих рослин було розмножене повторно в СР, перевірене на стійкість до відповідних хвороб, і восени стійкі гомозиготні лінії (всього – 142 лінії) висіяні в КР 2019 року (табл. 2). Варто підкреслити, що в усі роки досліджень крім 2017 відзначалося поширення бурої іржі, в 2015 р. – жовтої, а в 2016 році були зафіксовані епіфітотії обох цих хвороб. В 2017 р. спостерігався природний прояв стеблової іржі. Крім того, в 2016, 2017 і 2019 рр. відзначалося поширення борошнистої роси і септоріозу.

Слід зазначити, що серед переданих до КР ліній високосприйнятливих до дії хвороб (на рівні накопичувачів) майже не спостерігалось; найуразливіші лінії за реакцією до хвороб знаходились на рівні стандартів. Це зумовлено відносно слабким природним фоном досліджених хвороб, досить значним числом схрещувань з сучасними сортами, а також проведеним в СР доббором. В цілому, найбільше виділено ліній, стійких до листової або жовтої іржі, що відобража-

Таблиця 2

**Стійкість інтрогресивних ліній, переданих в контрольний розсадник,
до поширених хвороб, 2015–2019 рр. (Фаза максимального розвитку хвороби)**

Джерело стійкості	Хвороба ¹⁾	N ²⁾	% ліній з реакцією (бали)					Статистичні показники ³⁾		
			Сприйнятливих			Стійких				
			1-2	3-4	5	6-7	8-9	M	SD	LV
H74/90-245	Pm	77	-	45,5	23,4	31,2	-	4,8	1,32	3-7
	Lr		2,6	50,6	2,6	40,3	3,9	4,8	1,68	2-8
	Yr		-	33,8	6,5	59,7	-	5,7	1,42	3-7
	Sr		1,3	13,0	13,0	58,4	14,3	6,0	1,45	2-8
	Stb		1,3	88,3	9,1	1,3	-	3,8	0,63	2-7
Амфіплоїди	Pm	57	-	52,6	24,6	22,8	-	4,5	1,15	3-7
	Lr		-	22,8	3,5	38,6	35,1	6,4	1,75	3-8
	Yr		-	61,4	8,8	28,1	1,7	4,7	1,17	3-8
	Sr		1,8	84,2	8,8	5,3	-	3,8	0,82	2-6
	Stb		3,5	91,2	5,3	-	-	3,9	0,48	2-5
<i>Ae. tauschii</i>	Pm	113	3,5	45,1	28,3	21,2	1,8	4,5	1,36	2-8
	Lr		4,4	25,7	8,0	54,9	7,1	5,8	1,71	2-8
	Yr		8,0	32,7	5,3	48,7	5,3	5,3	1,78	2-8
	Sr		18,6	42,5	16,8	18,6	3,5	4,2	1,75	1-8
	Stb		3,5	90,3	4,4	1,8	-	3,6	0,78	2-7
Інші	Pm	39	7,7	61,5	20,5	10,3	-	4,0	1,18	1-6
	Lr		10,3	66,7	2,6	20,5	-	4,2	1,29	2-7
	Yr		2,6	56,4	7,7	33,3	-	4,7	1,21	2-7
	Sr		7,7	69,2	10,3	12,8	-	4,0	1,14	2-7
	Stb		7,7	89,7	2,6	-	-	3,7	0,66	2-5

¹⁾ **Pm, Lr, Yr, Sr, Stb** – стійкість, відповідно, до борошнистої роси, листової, жовтої і стеблової іржі та септоріозу. ²⁾ **N** – Кількість інтрогресивних ліній. ³⁾ **M** – середнє значення ознаки по лініям; **SD** – стандартне відхилення; **LV** – ліміти варіації (min-max).

ють дещо вищі середні значення бальних оцінок стійкості (табл. 2). Це пов'язано з успішною інтрогресією чужинних *Lr* і *Yr* генів з усіх джерел, залучених до гібридизації. Висока тривала стійкість до стеблової іржі спостерігається лише серед похідних колекційного зразка H74/90-245. Серед похідних амфіплоїдів за участю *Ae. tauschii* такі лінії зустрічаються дуже рідко; переважна більшість ліній, які проявляють стійкість до стеблової іржі (7–8 балів) при першому обліку (фаза цвітіння), поступово втрачають її протягом дозрівання і мали оцінку 2–4 бали під час передзбиральних обліків.

Аналогічна закономірність спостерігалась і стосовно мексиканських синтетиків, які послужили вихідними формами. Стійких до борошнистої роси ліній

було виділено мало, і їх бальна оцінка залежала від умов року, а до септоріозу – стійкості практично не спостерігалось; кращі лінії проявляли помірну сприйнятливості (4–5 балів) на рівні стандартів. Всього 3 лінії (PIL686R17, PIL688R17 та PIL578PH16) з усіх досліджених в КР (1 %) перевищували бальні оцінки стандартів, при чому така реакція на септоріоз принаймні двох із них скоріш за все має не генетичну, а фізіологічну причину (пізньостиглість) і проявляється не кожного року. Означене відобразилося в нижчих значеннях статистичних показників M і SD (табл. 2 і 4).

Дані кореляційного аналізу показали наявність слабого позитивного зв'язку ($R_{sp}=0,26^{**}$) урожайності лише зі стійкістю до септоріозу (у 2017 р.) і жовтої іржі (у 2019 р.). Відсутність кореляції урожайності зі стійкістю до видів іржі очевидно пов'язана з відносно слабким природним фоном досліджених хвороб. Припускаємо також можливість різноспрямованої дії генетичних детермінант стійкості. Тобто присутність в геномі ліній чужинного генетичного матеріалу іноді може викликати щуплість зерна. Цим можна пояснити тенденцію негативного зв'язку стійкості до іржі з МТЗ в окремих випадках (табл. 3). Зауважимо, що на штучному інфекційному фоні при дуже сильному інфекційному навантаженні стеблової іржі ця кореляція, як правило, позитивна (рис. 1).

Позитивний зв'язок стійкості з вмістом білка, що спостерігається у більшості варіантів дослідів (табл. 3) і відповідає літературним даним [4], пояснюється погіршенням умов наливу зерна внаслідок ураження патогенами [11]. Натомість негативна кореляція ($R_{sp}=-0,48^{*}$) між стійкістю до септоріозу і вмістом білка у 2018 р. можливо викликана щуплістю зерна у сильно уражених ліній, на користь чого свідчить позитивна кореляція ($R_{sp}=0,30$) між стійкістю до септоріозу і МТЗ. Достовірна позитивна кореляція між показниками стійкості ліній до різних хвороб, яка спостерігається у більшості варіантів дослідів (табл. 3), очевидно, є наслідком штучного добору на групову стійкість, а також генетичного зчеплення між окремими Lr і Sr генами у батьківських ліній.

Так склалося, що умови проведення дослідів в контрольному розсаднику в 2017–2019 роках були несхожими за впливом на розвиток рослин і несприятливими для пшениці, зокрема через надто пізній посів, а також сукупність агротехнічних і метеорологічних чинників. Це проявилось у відносно низькій урожайності стандартів ($M=62,7$ ц/га; $LV=40,8-83,5$ ц/га), порівняно з показниками минулих років [27], та у наявності вірогідного впливу умов року на їхню урожайність ($F=29,0^{***}$). В КР селекційна оцінка показала, що в переважній більшості, лінії з високою стійкістю до кількох хвороб характеризувались низькою врожайністю, вмістом білка або дрібним зерном. Проте, кожного року з низькою частотою виділялись лінії, які в даних умовах перевершували стандарти за окремими ознаками або їх комплексом. Як правило, такі лінії відрізнялись помірною стійкістю до однієї-двох хвороб і помірною сприйнятливістю до інших. Так, за урожайністю, середні значення стандартів перевищували наступні лінії: AIL1161/16 – 75,4 ц/га (2017 р.); AIL334/17 – 71,0 ц/га (2018

Таблиця 3

Результати кореляційного аналізу ознак у інтрогресивних ліній

Рік урожаю	Пари ознак (R_{sp})							
	Стійкість до	Урожайність	Вміст білка	МТЗ	Стійкість до хвороб ¹⁾			
					Pm	Lr	Yr	Sr
2017 (120)	Pm	0,04	0,22*	-0,00				
	Lr	0,05	0,00	0,00	-0,10			
	Yr	-0,10	0,03	0,17	0,44***	0,25**		
	Sr	0,02	0,30**	-0,09	0,31***	0,21*	0,15	
	Stb	0,26**	-0,15	-0,09	-0,09	0,14	-0,29**	-0,08
2018 (24) ²⁾	Pm	-0,13	0,29	0,52**				
	Lr	-0,13	0,46*	-0,16	0,39*			
	Yr	-0,18	0,39	-0,17	0,46*	0,61***		
	Sr	-0,02	0,05	-0,30	0,37	0,48*	0,74***	
	Stb	-0,18	-0,48*	0,30	-0,06	-0,14	-0,26	-0,19
2019 (142)	Pm	-0,04	0,06	0,15				
	Lr	-0,12	-0,04	0,27*	0,06			
	Yr	0,26**	0,31***	0,20*	0,25**	0,00		
	Sr	-0,03	0,25**	-0,21*	-0,16	-0,07	-0,01	
	Stb	0,15	0,10	0,08	-0,15	0,17*	0,17*	0,08

* – вірогідно при $p < 0,05$; ** – вірогідно при $p < 0,01$; *** – вірогідно при $p < 0,001$.

¹⁾ Pm, Lr, Yr, Sr, Stb – стійкість, відповідно, до борошнистої роси, листової, жовтої і стеблової іржі та септоріозу. ²⁾ В дужках вказана кількість інтрогресивних ліній.

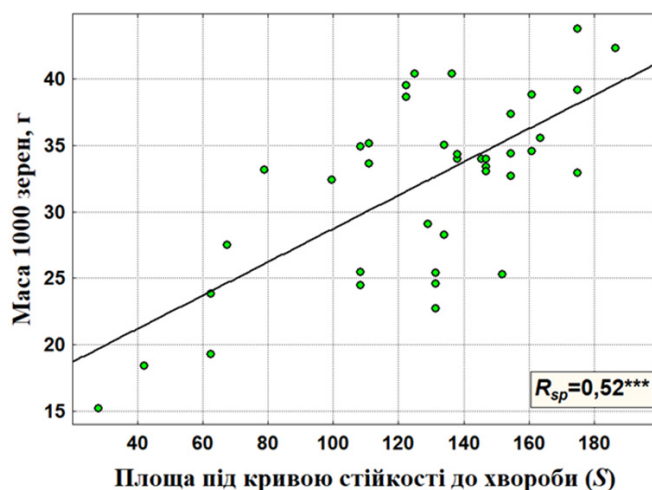


Рис. 1. Зв'язок маси тисячі зерен з показником стійкості (S) [1] інтрогресивних ліній пшениці на штучному фоні стеблової іржі в польовому інфекційному розсаднику (широкорядний посів)

Таблиця 4

Характеристика кращих ліній з груповою стійкістю до хвороб

Лінія ¹⁾	КР	Стійкість до (балл) ²⁾					Ур., ³⁾ ц/га	Б, ³⁾ %	МТЗ, ³⁾ г
		Pm	Lr	Yr	Sr	Stb			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PIL939/16	2017	7	7-8	8	4	4	57,1	12,6	38,2
E218/09		6	7	7	8	4	50,5	12,9	37,9
AIL1073/16		5-6	6-8	6-7	7	4	64,1	11,9	40,4
E2792/14		6	8;7	4-7	7	4	60,9	12,0	34,6
PIL686R17		7	6-7	7	3	7	34,4	9,1	43,8
AIL1049/16		5	6-7	4-7	5-6	4	58,1	12,2	40,9
AIL229/16		4	7	5	6	5	57,4	12,6	34,4
AIL1161/16		5	6-8	4	7-8(6)	4	75,4	12,6	35,7
AIL375/16		6	7-8	4	4	5	49,2	12,0	39,6
PIL956/16		2-3	7	6	5-7	2	40,5	12,6	43,2
PIL856/16		5	5-7	7	4	3	54,0	11,0	39,3
AIL213/16		5	6-7	5-7	4	4	51,4	12,3	40,7
AIL379/16		6	4-8	4-7	4	4	58,6	11,5	36,9
AIL299/16		6	7-8	4-5	3-4	4	60,5	12,8	36,4
St⁴⁾		3	3-4	3-5	3-4	3-4	56,1	11,0	38,7
<i>M⁴⁾</i>		4,6	5,4	5,2	4,2	3,7	48,2	11,5	39,0
<i>SD⁴⁾</i>		1,3	1,9	1,5	1,4	0,7	9,9	0,9	3,4
AIL381/18	2018	4-6	6;4-7	5-7	7-8	3	60,4	10,2	35,9
E196/09		6-7;6	3-5	7	6-7(5)	2	68,8	11,0	41,8
AIL1047/16		5-6	7	4-7	4-6	4	70,3	10,8	42,5
AIL1050/16		5-6	7	3-7	4-6	4	69,0	10,7	40,7
AIL334/17		3-5	5-7	4	4-7	4	71,0	10,5	38,8
St⁴⁾		3-6	3-4	4-6	2-3	3-4	66,3	10,4	40,8
<i>M⁴⁾</i>		4,7	4,5	5,6	4,1	3,7	64,6	10,5	37,1
<i>SD⁴⁾</i>		1,3	1,5	1,3	1,8	0,6	11,8	0,6	3,2
PIL768/16	2019	6-7	7-9	7-8	3	4-5	46,0	11,6	47,0
PIL578PH16		6-8	7-8	6-7	7	3-7	46,2	13,6	23,4
PIL692/18		4-5	7-8	7	7	4	71,0	10,8	39,0
PIL451PH18		5-8	5-8	5-8	3	4-5	78,4	12,3	35,0
PIL702/18		3-5	7-8	7	6	4	63,0	10,1	37,7
E212/09		7-8	5-7;6	6-7	6-7	3-4	70,6	10,6	44,5
AIL72PH18		3-5	7-8	5-6	6	4-5	66,6	10,3	35,5
PIL687/18		4-5	7-8	6-7	3	4-5	71,6	10,5	42,4

Закінчення таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AIL76PH18		3-5	7-8	5-6	6	3-4	72,4	10,9	34,3
AIL341/18		4-6	6(4)-7	4-7	7	4-5	70,6	12,7	35,4
PIL355PH18		4	6-7	7	3	5	73,0	12,0	40,1
St ⁴⁾		3-6	3-5	4-6	2-4	3-5	72,4	10,1	38,6
<i>M</i> ⁴⁾		4,3	6,0	5,1	4,8	4,4	63,9	10,6	37,1
<i>SD</i> ⁴⁾		1,3	1,7	1,7	2,0	0,8	9,2	0,8	3,2

¹⁾ Лінії ранжовані за сумою балів стійкості в межах кожного року. Враження накопичувачів інфекції та індикатора високої сприйнятливості до хвороб (Одеська напівкарликова) – 1-2 бали кожного року. ²⁾ Позначення 3-7 означає розмах варіації бальних оцінок по рокам дослідження, 7;3 – розщеплення, 7(3) – серед стійких в основному рослин зрідка зустрічались сприйнятливі. ³⁾ Ур. – урожайність; Б – загальний вміст білка; МТЗ – маса 1000 зерен. ⁴⁾ St – значення стандартів; M – середнє значення ознаки по досліді; SD – стандартне відхилення.

р.); PIL451PH18 – 78,4 ц/га (2019 р.). За абсолютними значеннями комплексу ознак (урожайність, вміст білка, МТЗ), відповідно, виділились лінії різного походження (табл. 4, 5): AIL1073/16, AIL1049/16 (2017 р.); E196/09, AIL1047/16 (2018 р.); PIL692/18, PIL355PH18 (2019 р.).

Недоліками переважної більшості інтрогресивних ліній є їх пізньостиглість, інколи високорослість, ксероморфна структура рослини, важкий вимолот зерна та нестійкість до вилягання. Так, 21 % усіх досліджених ліній (переважно з джерела «*Ae. tauschii*») погано обмолочувались комбайном, хоча ступінь прояву цього недоліку був різним. А найпродуктивніша в 2017 р. лінія AIL1161/16 характеризувалась схильністю до вилягання, а також колосилась в умовах досліді на 3–4 дні пізніше стандартів, що при настанні характерної для півдня ранньої літньої посухи може призводити до запалу зерна, зниження його урожайності та якості. Для подолання пізньостиглості доцільно схрещувати окремі стійкі до хвороб лінії з найбільш скоростиглими сучасними сортами.

Деякі лінії розщеплювались при пересіві ділянками за ознакою стійкості, хоча в інфекційному розсаднику вони були дібрані як константні (табл. 4). Крім того, гетерогенність спостерігалася стосовно морфологічних ознак – опушення листа і колоса, кольору стебла, колоса і остюків, а також у відношенні окремих агрономічних ознак (наприклад, форми куща, висоти рослини, дати колосіння, габітусу колоса) або їх комплексу, навіть за умови константності ліній за стійкістю до визначеної хвороби. Проте, виділено лінії, що характеризувалися константністю і поєднували в собі стійкість до трьох видів іржі та борошнистої роси (табл. 4).

Таблиця 5

Походження кращих ліній з груповою стійкістю до хвороб

Назва ліній ¹⁾	Походження ²⁾
E196/09	Од.267/Е200/97-2//Од.267* ² /3/Панна F _∞
E212/09	Н242/97-1/Од.267* ³ //Куяльник F _∞
E218/09	Од.267/Н74/90-245 F ₂ //Од.267* ⁴ /3/Селянка F _∞
AIL229/16	Од.267/Н74/90-245 F ₂ //Од.267* ¹¹ /3/МА1 F ₄
AIL334/17	Од.267/АД Жирова//Од.267* ⁸ /3/ Ватажок F ₅
AIL375/16, AIL379/16	Од.267/АД Жирова//Од.267* ⁸ /3/Куяльник F ₄
AIL72PH18, AIL76PH18	Од.267/АД Жирова//Од.267* ⁸ /3/Зміна F ₅
AIL299/16	Зміна/3/Од.267/АД Жирова//Од.267* ⁸ F ₄
AIL1161/16, AIL341/18 AIL213/16, AIL381/18	Куяльник/4/(Од.267/Н74/90-245 F ₂ //Од.267* ⁴ /3/Селянка F ₄) F ₅
PIL768/16	Старшина//ПЕАГ/Селянка F ₆
PIL451PH18	Селянка/ES4 F ₂ //Од.267 F ₄ /3/Борвій F ₄
PIL856/16	Селянка/ES17 F ₂ //Селянка F ₄ /3/Куяльник F ₆
PIL939/16	Селянка/ES20 F ₂ //Селянка F ₇
PIL687/18	Селянка/ES20 F ₂ //Од.267 F ₄ /3/Ватажок F ₄
PIL692/18	Селянка/ES20 F ₂ //Од.267 F ₄ /3/Віген F ₄
PIL702/18, PIL355PH18	Селянка/ES20 F ₂ //Од.267 F ₅ /3/Гурт F ₄
PIL686R17	Селянка/ES25 F ₂ //Селянка F ₇
PIL956/16	Селянка/ES25 F ₂ //Од.267 F ₆
E2792/14, AIL1049/16, AIL1047/16, AIL1050/16	Е214/09-1/Гурт* ² F ₅
AIL1073/16	Е214/09-1/Гурт//Жайвір F ₆
PIL578PH16	CSph1b / E125/03 // CSph1b F _∞

¹⁾ Е – Еритроспермум, PIL – примітивна інтрогресивна лінія, AIL – удосконалена інтрогресивна лінія, PH – лінія з польового інфекційного розсадника відділу фітопатології та ентомології. ²⁾ Е200/97-2, Н242/97-1 та Е125/03 – тритикале АД825/*T. durum* Чорномор F₃//Н74/90-245; Н74/90-245 – Tom Pouce Blanc/АД(*T. timopheevii*/*Ae. tauschii* ssp. *stragulata*)//Аврора/3/Русалка; АД Жирова – АД(*T. militinae*/*Ae. tauschii*), ПЕАГ – АД(*T. dicoccum*/*Ae. tauschii*), ES4, ES17, ES20 та ES25 – *T. durum* Altar 84/зразки *Ae. tauschii*, Е214/09-1 (Н242/97-1/Од.267*³//Куяльник F_∞).

Обговорення

У нашому дослідженні найефективнішими з погляду одержання групової стійкості виявилися безпосередні та опосередковані похідні зразка Н74/90-245 із Болгарії. У первинних інтрогресивних ліній (Е200/97-2, Н242/97-1), виділених з цієї комбінації, з використанням електрофорезу запасних білків була виявлена пшенично-житня транслокація (ПЖТ) 1BL.1RS типу Кавказ/Аврора від зразка Н74/90-245, яка перейшла у спадок їхнім нащадкам – удосконаленим

лініям E214/09-1 (H242/97-1/Од.267^{*3}//Куяльник F_∞), E218/09 (Од.267/H74/90-245 F₂ //Од.267^{*4}/3/Селянка F_∞), E2792/14 (E214/09-1/Гурт^{*2} F₅) [Козуб, 2019 неопубліковане]. Як відомо [26], 1RS плече цієї хромосоми несе малоефективний в сучасних умовах генний комплекс *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*. Хоча ефективність цих генів стійкості почасти втрачена через виникнення нових рас патогенів, зокрема вірулентної до *Sr31* високо агресивної раси стеблової іржі Ug99 [31], все ж позитивний ефект ПЖТ 1BL.1RS на прояв господарсько цінних і адаптивних ознак залишається і залежить від генетичного середовища, а також регіону вирощування пшениці [23]. За нашими даними лінії E218/09, E2792/14, як і вихідні форми (H74/90-245, E200/97-2, H242/97-1), характеризуються високою стабільною стійкістю до стеблової іржі протягом тривалого часу. Натомість, деякі інші лінії з ідентифікованою ПЖТ 1BL.1RS, які майже не мали ознак ураження іржею (7–8 балів) навіть у сприятливий для природного розвитку патогена 2017 рік, при підвищенні інфекційного навантаження на провокаційному штучному фоні збудника в польовому інфекційному розсаднику виявилися ураженими, хоча й помірно (4–5 балів). Аналогічна тенденція спостерігалась у роботі [24], коли окремі сорти з ПЖТ 1BL.1RS на природному фоні стеблової іржі в умовах півдня України проявляли високу стійкість (8–9 балів), а на штучному фоні вражались значно сильніше (2–4 бали). Тоді як інші сорти з 1BL.1RS мали різний рівень стійкості (6–8 балів). Тому необхідність введення інших ефективних *Sr* генів в генотип ліній української селекції, в тому числі і тих, стійкість яких досі не подолана расами місцевої популяції патогена, не викликає сумніву.

Можливим механізмом досягнення високої групової стійкості означених ліній також може бути комбінування з іншими (в тому числі мінорними, малоефективними або подоланими) генами стійкості. Зокрема відомо, що в генотипі сортів (Ніконія, Селянка, Куяльник, Панна та ін.), які входять до родоводу удосконалених інтрогресивних ліній, присутній генний кластер *Pm38/Lr34/Yr18* [19]. Крім того, рекурентний генотип – Одеська 267 має низку подоланих неефективних самих по собі *Lr* і *Sr* генів, які у взаємодії з чужинними генами можуть підсилювати їх дію. Отже, взаємодія кластерів *Pm8/Lr26/Sr31/Yr9* і *Pm38/Lr34/Yr18*, за сприятливих умов та генетичних середовищ, може забезпечувати певний рівень стійкості. Зокрема, відомо про посилення стійкості до місцевої популяції рас листової іржі комбінації *Lr26+Lr34*, порівняно з відповідними моногенами [3]. Крім того, донори стійкості – вихідні інтрогресивні лінії (E200/97-2, H242/97-1) та зразок H74/90-245, від якого вони походять, мають у родоводі амфіплоїд AD (*T. timopheevii* / *Ae. tauschii*) із Болгарії. Тому ймовірно, що окремі ефективні гени стійкості походять від його складових. Так, наприклад моногени *Sr36* і *Sr37* від *T. timopheevii* забезпечують помірну сприйнятливість (4–5 балів) до стеблової іржі в умовах півдня України. В літературі є свідчення ефективності поєднання ПЖТ 1BL.1RS з іншими чужинними генами для досягнення високої групової стійкості [2; 19; 24].

Характер розподілу ліній за реакцією на ту чи іншу хворобу дозволяє припустити, що стійкість до видів іржі контролюється головними генами, оскільки вся сукупність ліній незалежно від джерела стійкості більш менш чітко розподіляється на дві основні групи (стійкі та сприйнятливі), з відносно невисокою часткою проміжних форм і характеризується високими значеннями *SD*. При цьому, аналогічно до [4], за виключенням комбінацій з мексиканськими елітними синтетиками (джерело «*Ae. tauschii*») реакція ліній на листову іржу була максимально варіабельною, порівняно з іншими хворобами, що свідчить про різний рівень генетичної детермінації ознаки у інтрогресивних ліній. Інша картина спостерігається стосовно борошнистої роси і особливо септоріозу (табл. 2), де більшість ліній відносилася до сприйнятливих (3–4 бали), а розподіл характеризується високою часткою проміжних форм і низькими значеннями *SD*. Отже, несприйнятливості до цих хвороб найбільш стійких зразків може бути зумовлена позитивною трансгресією, має полігенну природу та походження з так званих мінорних незначних джерел стійкості і, на відміну від стійкості до видів іржі, не може бути легко передана нащадкам при схрещуванні.

Відсутність негативної кореляції урожайності зі стійкістю до листової (2017 р.) або стеблової (2018 р.) іржі, за відсутності інфекційного навантаження цих хвороб, уже само собою є позитивним фактом, оскільки свідчить про відсутність сильного негативного прояву чужинних генів. Відсутність аналогічної кореляції в інші роки, взагалі, відповідає даним літератури [4] і очевидно пов'язана з відносно слабким природним фоном досліджених хвороб, оскільки при сильному враженні рослин іржастими хворобами (понад 60 %) урожайність зерна різко знижується. В усякому разі, результати кореляційного аналізу вказують на можливість поєднання в одному генотипі високої стійкості до досліджених хвороб і врожайності на рівні стандартів зони.

При пересіві ліній ділянками часто спостерігалась їх гетерогенність за стійкістю та іншими ознаками. Можливо, наявність чужинного генетичного матеріалу у великій кількості негативно впливає на цитологічну стабільність і фертильність означених ліній. Тому вони позбуваються набутих ознак внаслідок анеуплоїдії чи перезапилення. Ймовірно видається також генетична нестабільність ліній на фоні їх цитологічної стабільності, що може бути зумовлено супресією чужинних генів [22], їх взаємодією між собою, розміщенням поблизу гетерохроматинових сегментів хромосом, внутрішньохромосомними перебудовами, рухом транспозонів або епігенетичною мінливістю [10; 13].

Взагалі, суттєвим недоліком високопродуктивних інтрогресивних ліній є відсутність стабільності урожайності в різних умовах [7]. Означене, як правило, притаманне похідним екологічно віддалених гібридів. Очевидно, ця закономірність розповсюджується і на міжвидову гібридизацію, яка, певною мірою, також є екологічно віддаленою. Варто зазначити, що в нашому дослідженні в КР кожного року, переважно, вивчалися інші лінії. Проте, у випадку повторного посіву деяких ліній наступного року або через рік, відзначена роз-

біжність результатів за дослідженими показниками, залежно від року врожаю насіння. Так, наприклад, лінія AIL1073/16 в 2017 р. перевершила, а в 2018 р. поступилася стандарту за урожайністю. Лінія AIL1161/16, що виділилась в КР 2017 р. за урожайністю і вмістом білка (табл. 4), була посередньою за цими ознаками в 2019 р. І навпаки, лінія AIL1047/16, яка в 2017 р. суттєво поступалася стандарту за урожайністю (47,3 ц/га), у 2018 р. перевищила його за абсолютними значеннями всіх досліджених ознак. Виділена в чинному дослідженні лінія E2792/14, ввійшла в кращі за комплексом ознак також і в нашому попередньому дослідженні [27], оскільки показала високу врожайність в посушливих умовах в 2016 р. Однак, лінія характеризується гетерогенністю за наявністю ПЖТ 1BL.1RS (Козуб, 2019 неопубліковане), і в 2019 р. вона поступилася стандарту за урожайністю та мала ознаки засмічення.

За результатами випробувань в КР в 2017 і 2019 рр., середньорання короткостеблова інтрогресивна лінія E2792/14 була виділена як найбільш продуктивна і широко залучена в схрещування з сучасними сортами і перспективними лініями СГІ–НЦНС як донор стійкості. З неї проведені індивідуальні добори для використання в подальшому селекційному процесі. Середньостигла інтрогресивна лінія AIL1161/16 залучена в схрещування з скоростиглими сучасними сортами для подолання пізньостиглості і схильності до вилягання. Пізньостиглі лінії E218/09, E212/09 і AIL1073/16 обмежено залучені в селекційний процес як донори групової стійкості до іржастих хвороб та борошнистої роси.

З отриманих нами даних виходить, що генетичне тло окремих інтрогресивних ліній, прямих або опосередкованих похідних зразка H74/90-245 (табл. 5), сприятливе для реалізації позитивного впливу ПЖТ 1BL.1RS як на господарсько цінні, так і на адаптивні ознаки в Одеській області. Роль ПЖТ як донора стійкості пшениці до жовтої і стеблової іржі в українській селекції не повинна недооцінюватися. Однак наявність 1RS хромосоми у селекційних лініях не гарантує стійкості до зазначених хвороб. З огляду на те, що нові патотипи *P. graminis* здатні долати опір генів, локалізованих в ПЖТ [31], пошук додаткових джерел стійкості стає все більш нагальним. При цьому роль так званих другорядних джерел у створенні генетичного середовища набуває актуальності. Отже пошук нових ефективних генів у генофонді диких співродичів, а також детальне дослідження незначних джерел стійкості до іржастих хвороб пшениці та їх поєднання є важливою передумовою досягнення високої тривалої стійкості.

На відміну від похідних зразка H74/90-245, жодна з похідних ліній MA1 з модифікованою ПЖТ 1BL.1RS_m [25] досі не ввійшла в кращі ні за стійкістю до хвороб, ні за агрономічними ознаками (табл. 5). Це суперечить даним [2], де стверджується про створення такої лінії (Фіто43/14) в комбінації Куяльник / MA1. Означена лінія характеризується груповою стійкістю до шести хвороб, урожайністю і якістю на рівні стандарту зони (Куяльник), хоча на 10–15 см вища за нього [2]. Можливо, в нашому дослідженні для цієї транслокації поки

що не створено підходяще генетичне тло, на якому вона могла б проявити свої переваги, або в умовах півдня України ПЖТ 1BL.1RS_m поступається за позитивним впливом на господарсько цінні і адаптивні ознаки інтактній транслокації 1BL.1RS через відсутність проксимального сегмента житнього хроматину з потужним QTL на розвиток кореневої системи, посухостійкість і продуктивність [21].

Висновки

1. В результаті дослідження низки оригінальних інтрогресивних ліній, створених шляхом віддаленої гібридизації, встановлена відсутність негативної кореляції урожайності зі стійкістю до борошнистої роси, листової та стеблової іржі як за відсутності, так і наявності природного інфекційного фону цих хвороб, що свідчить про відсутність сильного негативного прояву чужинних генів та уможливорює поєднання в одному генотипі високої стійкості і врожайності на рівні стандартів. Спостерігається позитивна кореляція між показниками стійкості ліній до різних хвороб, що очевидно є наслідком штучного добору на групову стійкість та генетичного зчеплення між окремими *Lr* і *Sr* генами у батьківських ліній.

2. Виявлена слабка достовірна позитивна кореляція ($R_{sp}=0,26^{**}$) урожайності зі стійкістю до септоріозу і жовтої іржі та стійкості до хвороб з вмістом білка і маси 1000 зерен, а також кореляція середньої сили ($R_{sp}=0,52^{***}$) маси тисячі зерен зі стійкістю до стеблової іржі на штучному інфекційному фоні, що пояснюється погіршенням умов наливу зерна внаслідок ураження патогенами.

3. Стійкість до видів іржі контролюється головними генами, а до борошнистої роси і септоріозу зумовлена позитивною трансгресією, має полігенну природу та походження з мінорних джерел стійкості і, на відміну від стійкості до видів іржі, не може бути легко передана нащадкам при схрещуванні.

4. Показана ефективність використання похідних колекційного зразка Н74/90-245, для отримання удосконалених інтрогресивних ліній, що поєднують гени стійкості до грибних патогенів, локалізовані в ПЖТ 1BL.1RS, з комплексами ефективних генів стійкості з інших джерел. Виявлено збільшення продуктивності у ліній з транслокацією 1BL.1RS, порівняно з іншими інтрогресивними лініями.

5. Шляхом схрещування різних джерел чужинних генів з сучасними сортами пшениці одержані селекційні лінії з полігенними комплексами стійкості до хвороб, високих значень МТЗ, вмісту білка а також морфологічних ознак, які позбавлені негативних якостей, притаманних дикорослим видам, та характеризуються груповою стійкістю до борошнистої роси і видів іржі різного ступеню, високою адаптивністю до умов вирощування на півдні України, посухо- та зимостійкістю, толерантністю до низьких агрофонів, високою якістю. За продуктивністю лінії сягають стандарту зони або перевищують його в суворих умовах та за технологічних відхилень в окремі роки і відносяться вже до категорії донорів стійкості.

Робота виконана при частковому фінансуванні за грантом D. CRDF Global Agreement № FSA3-19-65504-0 “Reducing impact of pathogens on yield: development of diagnostics for early” та на кошти держбюджетного проекту 23.00.04.03.Ф. Національної Академії аграрних наук України № 0116U000677, 2016–2020.

The authors declare the absence of any conflicts of interests.

Стаття надійшла до редакції 27.10.2020

Список використаної літератури

1. Бабаянц О.В. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней / О.В. Бабаянц, Л.Т. Бабаянц. – Одесса: ВМВ, 2014. – 401 с.
2. Бабаянц О.В. Новый исходный материал для селекции пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на групповую устойчивость к фитопатогенам / О.В. Бабаянц, Н.И. Сауляк, Л.Т. Бабаянц, К.П. Терновой, А.В. Галаев // Сборник научных трудов СГИ–НЦСС. – 2016. – Вып. 28 (68). – С. 68–75.
3. Галаев О.В. Ефективність різних генів стійкості до бурої іржі та їхніх комбінацій у міжлінійних гібридів пшениці ярої (*Triticum aestivum* L.) в умовах Півдня України / О.В. Галаєв // Збірник наукових праць СГИ–НЦНС. – 2016. – Вып. 28 (68). – С. 109–122.
4. Демидов О.А. Вихідний матеріал для селекції пшениці м'якої озимої на високу стійкість до хвороб в умовах Лісостепу України / О.А. Демидов, Г.Б. Вологдіна, С.І. Волощук, О.В. Гуменюк, В.В. Кириленко, С.О. Хоменко // Фактори експериментальної еволюції організмів. – Київ, 2019. – Т. 24. – С. 63–69. doi: 10.7124/FEEO.v24.1080.
5. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості / Кіндрук М.О. та ін. Держспоживстандарт України. – К., 2003. – С. 17–18. <https://www.studmed.ru/dstu-4138-2002-nasnnya-slskogospodarskih-kultur-metodi-viznachennya-yakosti/e073265435f.html>.
6. Ковалишина Г.М. Джерела стійкості проти збудника бурої іржі та їх використання у процесі створення сортів пшениці м'якої / Г.М. Ковалишина, Ю.М. Дмитренко // Plant Varieties Studying and Protection. – 2017. – Т. 13, № 4. – С. 379–386. doi: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117742.
7. Лифенко С.П. Інтрогресії в геном пшениці м'якої від різних донорів – проблемний, але перспективний напрям селекції / С.П. Лифенко, Т.П. Нарган, М.Ю. Наконечний // Селекція і насінництво. – 2014. – Вып. 105. – С. 39–50. doi: 10.30835/2413-7510.2014.42043.
8. Моцний І.І. Застосування похідних неповного пшенично-елімусного амфіплоїда (НПЕА) *Elytricum fertile* в селекції пшениці м'якої озимої / І.І. Моцний, Т.П. Нарган, М.І. Єриняк, С.П. Лифенко // Вісник аграрної науки. – 2017. – Вып. 8. – С. 45–50. doi: 10.31073/agrovisnyk201708-08.
9. Моргун В.В. Пошук нових джерел стійкості пшениці озимої до основних збудників грибних хвороб / В.В. Моргун, Т.В. Топчій // Физиология растений и генетика. – 2016. – Т. 48, № 5. – С. 393–400. doi: 10.15407/frg2016.05.393.
10. Шпильчин В.В. Активність транспозонів як фактор втрати функції гена *fw2(T)* у нащадків штучних амфідиплоїдів *Triticinae* / В.В. Шпильчин, С.Ю. Михайлик, Т.К. Терновська // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2016. – Т. 19. – С. 51–54.
11. Топчій Т.В. Формування продуктивності різних за стійкістю сортів пшениці озимої під впливом грибних хвороб / Т.В. Топчій, Н.В. Сандецька // Plant Varieties Studying and Protection. – 2017. – Т. 13, № 4. – С. 416–422. doi: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117751.
12. Ahmadi J. Wild relatives of wheat: *Aegilops-Triticum* accessions disclose differential antioxidative and physiological responses to water stress / J. Ahmadi, A. Pour-Aboughadareh, S.F. Ourang,

- A.A. Mehrabi, K.H.M. Siddique // *Acta Physiol. Plant.* – 2018. – Vol. 40(5). – P. 90–104. doi: 10.1007/s11738-018-2673-0.
13. Antonyuk M.Z. Permanent genetic variability in the introgressive lines and amphidiploids of *Triticinae*. / M.Z. Antonyuk, V.V. Shpylchyn, T.K. Ternovska // *Cytol. Genet.* – 2013. – Vol. 47(4). – P. 242–251. doi: 10.3103/S0095452713040026.
14. Arabbeigi M. Salinity tolerance of *Aegilops cylindrica* genotypes collected from hyper-saline shores of Uremia Salt Lake using physiological traits and SSR markers / M. Arabbeigi, A. Arzani, M.M. Majidi, R. Kiani, B.E.S. Tabatabaei, F. Habibi // *Acta Physiol. Plant.* – 2014. – Vol. 36(8). – P. 2243–2251. doi: 10.1007/s1173 8-014-1602-0.
15. Babayants O.V. Race composition of *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* in the South of Ukraine and effectiveness of *Pm*-genes in 2004-2013 / O.V. Babayants, L.T. Babayants, V.A. Traskovetskaya, A. F. Gorash, N. I. Saulyak, A. V. Galaev // *Cereal Research Communications.* – 2015. – Vol. 43(3). – P. 449–458. doi: 10.1556/0806.43.2015.011.
16. Bhatta M. Genome-wide association study reveals favorable alleles associated with common bunt resistance in synthetic hexaploid wheat / M. Bhatta, A. Morgounov, V. Belamkar, A. Yorgancılar, P. S. Baenziger // *Euphytica.* – 2018. – Vol. 214(11). – P. 200–209. doi: 10.1007/s10681-018-2282-4.
17. Carretero R. Effect of leaf rust (*Puccinia triticina*) on photosynthesis and related processes of leaves in wheat crops grown at two contrasting sites and with different nitrogen levels / R. Carretero, M.O. Bancal, D.J. Miralles // *Europ. J. Agronomy.* – 2011. – Vol. 35(4). – P. 237–246. doi: 10.1016/j.eja.2011.06.007.
18. Figueroa M. A review of wheat diseases – a field perspective / M. Figueroa, K.E. Hammond-Kosack, P.S. Solomon // *Molecular Plant Pathology.* – 2018. – Vol. 19(6). P. 1523–1536. doi: 10.1111/mpp.12618.
19. Galaev A.V. Description of the soft wheat varieties of Ukrainian and Russian breeding by alleles of locus csLV34 closely connected with multipathogen resistance gene *Lr34/Yr18/Pm38* / A.V. Galaev, Yu.M. Sivolap // *Cytol. Genet.* – 2015. – Vol. 49(1). – P. 12–18. doi: 10.3103/S0095452715010041.
20. Gorash A. Leaf rust resistance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines derived from interspecific crosses / A. Gorash, A. Galaev, O. Babayants, L. Babayants // *Zemdirbyste-Agriculture.* – 2014. – Vol. 101(3). – P. 295–302. doi: 10.13080/z-a.2014.101.038.
21. Howell T. Mapping a region within the 1RS.1BL translocation in bread wheat affecting grain yield and canopy water status / T. Howell, I. Hale, L. Jankuloski, M. Bonafede, M. Gilbert, J. Dubcovsky // *Theor. Appl. Genet.* – 2014. – Vol. 127(12). – P. 2695–2709. doi: 10.1007/s00122-014-2408-6.
22. Hurni S. The powdery mildew resistance gene *Pm8* derived from rye is suppressed by its wheat ortholog *Pm3* / S. Hurni, S. Brunner, D. Stirnweis, G. Herren, D. Peditto, R.A. McIntosh, B. Keller // *The Plant Journal.* – 2014. – Vol. 79(6). – P. 904–913. doi: 10.1111/tpj.12593.
23. Lelley T. Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation on genotype by environment interaction / T. Lelley, C. Eder, H. Grausgruber // *J. Cer. Sci.* – 2004. – Vol. 39. – P. 313–320. doi: 10.1016/j.jcs.2003.11.003.
24. Litvinenko M.A. The effects of wheat-rye translocations 1AL/1RS and 1BL/1RS on grain quality of winter bread wheat varieties / M.A. Litvinenko, M.M. Topal // *Scientific Journal “ScienceRise”.* – 2015. – Vol. 3(1 (8)). – P. 82–87. doi: 10.15587/2313-8416.2015.39150.
25. Lukaszewski A. Manipulation of the 1BL.1RS translocation in wheat by induced homoeologous recombination / A. Lukaszewski // *Crop Sci.* – 2000. – Vol. 40(1). – P. 216–225. doi: 10.2135/cropsci2000.401216x.
26. McIntosh R.A. Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 Supplement / R.A. McIntosh, J. Dubcovsky, W.J. Rogers, C.F. Morris, R. Appels, X.C. Xia // <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>.
27. Motsnyi I.I. Development of winter wheat starting material using interspecific crossing for breeding for increased protein content / I.I. Motsnyi, M.A. Litvinenko, O.O. Molodchenkova,

- V.M. Sokolov, V.I. Fayt, V.Yu. Sechnyak // Cytol. Genet. – 2019. – Vol. 53(2). – P. 113–123. doi: 10.3103/S0095452719020075.
28. Morgounov A. High-yielding winter synthetic hexaploid wheats resistant to multiple diseases and pests / A. Morgounov, A. Abugalieva, K. Akan, B. Akın, S. Baenziger, M. Bhatta, Y. Zelenskiy // Pl. Genet. Res. – 2018. – Vol. 16(3). – P. 273–278. doi: 10.1017/S147926211700017X.
 29. O'Driscoll A.O. The wheat-*Septoria* conflict: a new front opening up? / A.O. O'Driscoll, S. Kildea, F. Doohan, J. Spink, E. Mullins // Trends Plant Sci. – 2014. – Vol. 19(9). – P. 602–610. doi: 10.1016/j.tplants.2014.04.011.
 30. Reynolds M. Drought adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces / M. Reynolds, F. Dreccer, R. Trethowan // J. Exp. Bot. – 2007 – Vol. 58(2). – P. 177–186. doi: 10.1093/jxb/erl25.
 31. Soko T. Yield loss associated with different levels of stem rust resistance in bread wheat / T. Soko, C.M. Bender, R. Prins, Z.A. Pretorius // Plant Disease. – 2018. – Vol. 102(12). – P. 2531–2538. doi: 10.1094/PDIS-02-18-0307-RE.
 32. Wellings C.R. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats / C.R. Wellings // Euphytica. – 2011. – Vol. 179(1). – P. 129–141. doi: 10.1007/s10681-011-0360-y.

I. I. Motsnyi, O. O. Molodchenkova, A. P. Smertenko, M. A. Lytvynenko, Ye. A. Holub, L. T. Mishchenko

¹Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation

Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopolska road 3, e-mail: motsnyyii@gmail.com

²Institute of Biological Chemistry, Washington State University, PO Box 646340, Pullman, WA 99164, USA, e-mail: andrei.smertenko@wsu.edu,

³Taras Shevchenko National University of Kyiv, NSC "Institute of Biology and Medicine",

st. Vladymyrska, 64/13, Kyiv, 01601, Ukraine, e-mail: lmishchenko@ukr.net.

DEVELOPMENT OF INTROGRESSION LINES OF WINTER BREAD WHEAT WITH TRAITS OF RESISTANCE TO PHYTOPATHOGENS

Abstract

Introduction. Wide hybridization is an important source of new genes for resistance to diseases for efficient breeding of wheat (*Triticum aestivum* L.) in particular due to the involvement of a wide range of an alien diversity and the ability to combine wheat and the alien resistance genes.

Aim. Investigate the resistance to widespread diseases and give the breeding evaluation of the advanced introgression lines developed by repeated crosses of amphiploids, primitive lines or collection samples with modern cultivars of winter bread wheat.

Methods. The field experiments were established in the crop rotation of the department of wheat breeding and seed production of PBGI–NCSCI according to the generally accepted scheme of the breeding process of self-pollinating crops. The degree of plant damage was determined on a 9-point integrated scale developed on the basis of a modified Saari and Precott scale. The protein content was determined by the Kjeldahl

method, the weight of thousand kernels (WTK) by the standard method (DSTU 4138-2002).

Results. A low frequency of combine of the group resistance with high yield and grain quality was registered. The genetic background of some introgression lines has been found to be favorable for realizing the positive effect of rye translocation 1BL.1RS on both economically valuable and adaptive traits in Southern Ukraine and the ability to combine with other resistance genes. A failure of a correlation of the resistance to powdery mildew, leaf and stem rusts with crop yield both in the absence and presence of a natural infectious pressure, as well as low positive connection ($R_{sp} = 0,26^{**}$) of the productivity with resistance to *Septoria* blight and yellow rust in only one variant of the experiment were established. A low significant positive correlation between the resistance and protein content and WTK, as well as between indexes of the line resistance to various diseases was observed in most cases, which is obviously a result of the artificial selection for group resistance. The breeding lines (E2792_14, AIL1161_16, E218_09, E212_09, AIL1073_16) with alien polygenic complexes for the resistance to rust diseases, high values of WTK, protein content and morphological traits; characterized by high productivity, adaptability, baking quality were isolated.

Conclusions. The lines are devoid of many of the negative qualities inherent to wild species, they can be a promising source for resistance to the diseases and may be of interest for further breeding work in Southern Ukraine.

Key words: *Triticum aestivum* L., introgression lines, resistance, productivity.

References

1. Babayants O.V., Babayants L.T. (2014) *Bases of breeding and methodology of assessments of wheat resistance to pathogens* [Osnovy selektsii i metodologiya otsenok ustoychivosti pshenitsy k vzbuditelnyam bolezney], Odessa, VMV, 401 p.
2. Babayants O.V., Sauliak N.I., Babayants L.T., Ternovyi K.P., Galaev O.V. (2016) "The new initial breeding material of wheat (*Triticum aestivum* L.) for selection to complex resistance to phytopathogenes" ["Novyi iskhodnyi material dlya selektsii pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) na grupovuyu ustoychivost' k fitopatogenam"], *Collection of PBGI-NCSCI*, Odessa, 68(28), pp. 68–75.
3. Galaev A.V. (2016) "Effectiveness of different resistance genes to leaf rust and their combinations in interline hybrids of spring bread (*Triticum aestivum* L.) in South Ukraine" ["Efektyvnist' riznykh geniv stiykosti do buroyi irzhi ta yikhnikh kombinatsiy u mizhliniynykh hibrydiv pshenytsi yaroyi (*Triticum aestivum* L.) v umovakh Pivdnya Ukrayiny"], *Collection of PBGI-NCSCI*, Odessa, 68(28), pp. 109–122.
4. Demydov O.A., Volohdina H.B., Voloshchuk S.I., Humeniuk O.V., Kyrylenko V.V., Khomenko S.O. (2019) "Parent material for breeding winter wheat with high disease resistance under environments of forest-steppe of Ukraine" ["Vykhidnyi material dlya selektsiyi pshenytsi m"yakoyi ozymoyi na vysoku stiykist' do khvorob v umovakh Lisostepu Ukrayiny"], *Factors in experimental evolution of organisms*, 24, pp. 63–69. doi: 10.7124/FEEO.v24.1080.
5. DSTU 4138-2002 (2003) *Crop seeds. Methods of quality determination* [Nasinnnya sil'skohospodars'kykh kul'tur. Metody vyznachannya yakosti], Kindruk M. O. et al; Derzhspozhyvstandart of Ukraine, Kyiv, pp. 17–18. <https://www.studmed.ru/dstu-4138-2002-nasnnnya-slskogospodarskih-kultur-metodi-viznachennya-yakost/e073265435f.html>.
6. Kovalyshyna H. M., Dmytrenko Yu. M. (2017) "Sources of resistance to brown rust pathogen and their use in the development of soft wheat varieties" ["Dzherela stiykosti proty zbudnyka buroyi irzhi ta yikh vykorystannya u protsesi stvorenniya sortiv pshenytsi m"yakoyi"], *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(4), pp. 379–386. doi:10.21498/2518-1017.13.4.2017.117742.

7. Lyfenko S.Ph., Nargan T.P., Nakonechny N.Ju. (2014) “*Problematic but prospective direction of breeding: introgressions into genome of winter bread wheat different donors*” [“Introhresiyi v genom pshenytsi m'yakoyi vid riznykh donoriv – problemnyi, ale perspektyvnyi napryam selektsiyi”], *Breeding and seed production*, 105, pp. 39–50. doi:10.30835/2413-7510.2014.42043.
8. Motsnyi I.I., Narhan T.P., Yeryniak M.I., Lyfenko S.Ph. (2017) “*Application of derivatives of incomplete wheat-wildrye amphiploid (WWRA) Elytricum fertile in selection of winter soft wheat*” [“Zastosuvannya pokhidnykh nepovnoho pshenychno-elimusnoho amfiployida (NPEA) *Elytricum fertile* v selektsiyi pshenytsi m'yakoyi ozymoyi”], *Bulletin of Agricultural Science, Ukraine*, 8, pp. 45–50. doi: 10.31073/agrovisnyk201708-08.
9. Morgun V. V., Topchiy T. V. (2016) “*The search for new sources of winter wheat resistance to the main pathogens of fungal diseases*” [“Poshuk novykh dzherel stykosti pshenytsi ozymoyi do osnovnykh zbudnykiv hrybnykh khvorob”], *Plant Physiology and Genetics*, 48(5), pp. 393–400. doi: 10.15407/frg2016.05.393.
10. Shpylchyn V. V., Mykhailik S. Yu., Ternovska T. K. (2016) “*Transposons activity as a factor of loss *Iw2(T)* gene function in the offsprings of artificial Triticinae amphidiploids*” [“Aktyvnist' transpozoniiv yak faktor vtraty funktsiyi hena *Iw2(T)* u nashchadkiv shtuchnykh amfidyploidydiv *Triticinae*”], *Factors in experimental evolution of organisms* 19, pp. 51–54.
11. Topchiy T.V., Sandetska N.V. (2017) “*Formation of the productivity of winter wheat varieties with various degree of resistance under the influence of fungal diseases*” [“Formuvannya produktyvnosti riznykh za stykistyuv sortiv pshenytsi ozymoyi pid vplyvom hrybnykh khvorob”], *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(4), pp. 416–422. doi: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117751.
12. Ahmadi J., Pour-Aboughadareh A., Ourang S.F., Mehrabi A.A., Siddique K.H.M. (2018) “*Wild relatives of wheat: Aegilops–Triticum accessions disclose differential antioxidative and physiological responses to water stress*”, *Acta Physiol. Plant*, 40(5), pp. 90–104. doi: 10.1007/s11738-018-2673-0.
13. Antonyuk M. Z., Shpylchyn V. V., Ternovska T. K. (2013) “*Permanent genetic variability in the introgressive lines and amphidiploids of Triticinae*”, *Cytol. Genet.*, 47(4), pp. 242–251. doi: 10.3103/S0095452713040026.
14. Arabbeigi M., Arzani A., Majidi M. M., Kiani R., Tabatabaei B. E. S., Habibi F. (2014) “*Salinity tolerance of Aegilops cylindrica genotypes collected from hyper-saline shores of Uremia Salt Lake using physiological traits and SSR markers*”, *Acta Physiol. Plant*, 36(8), pp. 2243–2251. doi: 10.1007/s11738-014-1602-0.
15. Babayants O. V., Babayants L. T., Traskovetskaya V. A., Gorash A. F., Saulyak N. I., Galaev A. V. (2015) “*Race composition of Blumeria graminis (DC) Speer f. sp. tritici in the South of Ukraine and effectiveness of Pm-genes in 2004-2013*”, *Cereal Research Communications*, 43(3), pp. 449–458. doi: 10.1556/0806.43.2015.011.
16. Bhatta M., Morgounov A., Belamkar V., Yorgancilar A., Baenziger P. S. (2018) “*Genome-wide association study reveals favorable alleles associated with common bunt resistance in synthetic hexaploid wheat*”, *Euphytica*, 214(11), pp. 200–209. doi: 10.1007/s10681-018-2282-4.
17. Carretero R., Bancal M. O., Miralles D. J. (2011) “*Effect of leaf rust (Puccinia tritina) on photosynthesis and related processes of leaves in wheat crops grown at two contrasting sites and with different nitrogen levels*”, *Europ. J. Agronomy*, 35(4), pp. 237–246. doi: 10.1016/j.eja.2011.06.007.
18. Figueroa M., Hammond-Kosack K. E., Solomon P. S. (2018) “*A review of wheat diseases – a field perspective*”, *Molecular Plant Pathology*, 19(6), pp. 1523–1536. doi: 10.1111/mpp.12618.
19. Galaev A. V., Sivolap Yu. M. (2015) “*Description of the soft wheat varieties of Ukrainian and Russian breeding by alleles of locus csLV34 closely connected with multipathogen resistance gene *Lr34/Yr18/Pm38**”, *Cytol. Genet.*, 49(1), pp. 13–19. doi: 10.3103/S0095452715010041.
20. Gorash A., Galaev A., Babayants O., Babayants L. (2014) “*Leaf rust resistance of bread wheat (Triticum aestivum L.) lines derived from interspecific crosses*”, *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(3), pp. 295–302. doi:10.13080/z-a.2014.101.038.
21. Howell T., Hale I., Jankuloski L., Bonafede M., Gilbert M., Dubcovsky J. (2014) “*Mapping a*

- region within the 1RS.1BL translocation in bread wheat affecting grain yield and canopy water status”, *Theor. Appl. Genet.*, 127(12), pp. 2695–2709. doi: 10.1007/s00122-014-2408-6.
22. Hurni S., Brunner S., Stirnweis D., Herren G., Peditto D., McIntosh R.A., Keller B. (2014) “The powdery mildew resistance gene *Pm8* derived from rye is suppressed by its wheat ortholog *Pm3*”, *The Plant Journal*, 79(6), pp. 904–913. doi: 10.1111/tpj.12593
23. Lelley T., Eder C., Grausgruber H. (2004) “Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation on genotype by environment interaction”, *J. Cer. Sci.*, 39, pp. 313–320. doi: 10.1016/j.jcs.2003.11.003.
24. Litvinenko M.A., Topal M.M. (2015) “The effects of wheat-rye translocations 1AL/1RS and 1BL/1RS on grain quality of winter bread wheat varieties”, *Scientific Journal “ScienceRise”*, 3(1(8)), pp. 82–87. doi: 10.15587/2313-8416.2015.39150.
25. Lukaszewski A. (2000) “Manipulation of the 1BL.1RS translocation in wheat by induced homologous recombination”, *Crop Sci.*, 40(1), pp. 216–225. doi: 10.2135/cropsci2000.401216x.
26. McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C.F., Appels R., Xia X.C. (2017) “Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 Supplement”, <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/mac-gene/supplement2017.pdf>.
27. Motsnyi I. I., Litvinenko N. A., Molodchenkova O. O., Sokolov V. M., Fayt V. I., Sechnyak, V. Ye. (2019) “Development of winter wheat starting material using interspecific crossing for breeding for increased protein content”, *Cytol. Genet.*, 53(2), pp. 113–123. doi: 10.3103/S0095452719020075.
28. Morgounov A., Abugalieva A., Akan K., Akin B., Baenziger S., Bhatta M., Zelenskiy Y. (2018) “High-yielding winter synthetic hexaploid wheats resistant to multiple diseases and pests”, *Pl. Genet. Res.*, 16(3), pp. 273–278. doi: 10.1017/S147926211700017X.
29. O’Driscoll A. O., Kildea S., Doohan F., Spink J., Mullins E. (2014) “The wheat-*Septoria* conflict: a new front opening up?”, *Trends Plant Sci.*, 19(9), pp. 602–610. doi: 10.1016/j.tplants.2014.04.011.
30. Reynolds M., Dreccer F., Trethowan R. (2007) “Drought adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces”, *J. Exp. Bot.*, 58(2), pp. 177–186. doi: 10.1093/jxb/erl25.
31. Soko T., Bender C. M., Prins R., Pretorius Z. A. (2018) “Yield loss associated with different levels of stem rust resistance in bread wheat”, *Plant Disease*, 102(12), pp. 2531–2538. doi: 10.1094/PDIS-02-18-0307-RE.
32. Wellings C.R. (2011) “Global status of stripe rust: a review of historical and current threats”, *Euphytica*, 179(1), pp. 129–141. doi: 10.1007/s10681-011-0360-y.

Г. О. Чеботар¹, к.б.н.

О. Є. Олійник¹, студентка

Ю. О. Лавриненко², д.с.-г.н., професор

С. В. Чеботар^{1,3}, д.б.н., професор

¹Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса, 65026, вул. Дворянська, 2, e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

²Інститут зрошувального землеробства НААН України, сел. Наддніпрянське, Херсон, 73483, Україна

³Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН України, вул. Овідіопольська дорога, 3, Одеса, 65036, Україна

АПРОБАЦІЯ МАРКЕРНОГО АНАЛІЗУ ГЕНА *TaSnRK2.8-A* НА УКРАЇНСЬКИХ СОРТАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Досліджували алельний стан гену *TaSnRK2.8-A* у дев'яти сортів озимої м'якої пшениці селекції Інституту зрошувального землеробства НААН за допомогою CAPS-маркерів. Визначено алелі гену *TaSnRK2.8* та встановлено статистично значимі відмінності за врожайністю в умовах богари та зрошення, а також за індексом посухостійкості між дослідженими в роботі сортами. Найбільш врожайним на богарі був сорт Кошова, він також залишився одним з найбільш врожайних при вирощуванні на зрошенні. За даними двофакторного дисперсійного аналізу вплив факторів «Рік» та «Алель» на врожайність був статистично значимий в умовах зрошення, в цьому випадку рослини з *G* алелем були більш врожайними. Також показано статистично значимий вплив взаємодії факторів «Рік» х «Алель» на врожайність в умовах посухи (богара) та на індекс посухостійкості. За показником індексу посухостійкості спостерігали взаємодію факторів генотип х середовище (фактори «Алель» та «Рік») зі зміною рангів.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., посухостійкість, молекулярні маркери, ген *TaSnRK2.8-A*.

Найбільш важливим екологічним фактором для нормального розвитку рослин в будь-яких умовах є наявність води. В останні роки все гостріше стає проблема змін клімату, що в Україні проявляється в опустелюванні південних регіонів та переміщеннях більш посушливих кліматичних зон на північ [3, 5, 7]. За даними Сидоренко, Чеботар [12] у половині з передостанніх 19 років (з 2000 по 2019 р.) середня кількість опадів у квітні і травні в Одеському регіоні становила менше норми (38,9 мм). В цей час відбувається колосіння та цвітіння рослин озимої м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) і посуха суттєво погіршує їх якість та врожайність. У пшениці стійкість до посухи є комплексною (часто пов'язаною зі стійкістю до високих температур) та кількісною ознакою, на прояв якої суттєво впливають фактори навколишнього середовища.

Важливими компонентами сигнальних шляхів, що активуються за дії абіотичних факторів: осмотичного та сольового стресу, у різних видів рослин є гени родини *SnRK2* (Sucrose non-fermenting-1 (SNF1)-related protein kinase 2s) [9, 10, 16, 17]. Гени *SnRK2* кодують серин / треонін кінрази і можуть додатково регулюватися додаванням абсцизової кислоти. З літератури [8, 14] відомо про створення трансгенних толерантних до посухи рослин арабідопсиса, які характеризуються надмірною експресією гена пшениці *TaSnRK2.8* з родини *SnRK2*, що кодує цукронеферментуючу-зв'язану протеїн кінразу 2. Також, Zhang et al. [14] проводили дослідження впливу довжини промоторної ділянки гена *TaSnRK2.8* з *T. aestivum* (-408, -821, -1481, -2631) на рівень експресії гена *GUS* в *Arabidopsis*, що дозволило виділити області для регулювання рівнів та тканинної специфіки транскрипції в умовах стресу. Zhang et al. [15] встановили, що ген *TaSnRK2.8-A* складається з дев'яти екзонів та розташований на 5A хромосомі пшениці. Аналіз послідовності показав, що з 751 детектованих випадків поліморфізму у 165 сортів пшениці, лише заміна *A* на *G* в 3'-фланкуючій послідовності, позиція 5917 п.н., гена *TaSnRK2.8-A* мала статистично значимий вплив на фенотип [15]. У зв'язку з цим актуальним є проведення пошуку послідовності гена *TaSnRK2.8-A* та його гомологів в базі даних нуклеотидних послідовностей NCBI, а також визначення алельних варіантів у місцевих сортів пшениці.

Метою роботи було визначення одонуклеотидної заміни *A* на *G* в положенні 5917 п.н., що диференціює алелі *A* та *G*, гена *TaSnRK2.8-A* у сортів пшениці м'якої озимої селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН України та співставлення сортів з ідентифікованими алелями за врожайністю та індексом посухостійкості.

Матеріали та методи дослідження

В якості матеріалу досліджували сорти: Анатолія, Благо, Бургунка, Кошова, Овідій, Росинка, Соборна, Херсонська безоста, Херсонська 99.

Для визначення наявності заміни *A* на *G* в позиції 5917 п.н. в 3'-фланкуючій послідовності гена *TaSnRK2.8-A* спочатку проводили ПЛР з парою праймерів розроблених [15]: 5'-GGGGAAACCGAGCCSTATC-3', 5'-CAAGTTCAGTCACAGGTTTCACACATTA-3', що фланкують послідовність фрагменту, в якому відбувається мутація, та аналізували в 1 % агарозному гелі наявність продуктів ампліфікації. Потім отримані продукти ампліфікації піддавали ендонуклеазному розщепленню рестриктазою *Taal* (*HpyCH4III*) та фракціонували в 7% ПААГ. Розміри продуктів ампліфікації визначали відносно маркерів молекулярної маси *pUC19/Msp I* та *Gene ruler* за допомогою програми GelAnalyzer (2010). Пошук нуклеотидної послідовності гена *TaSnRK2.8-A* проводили в базі даних NCBI [11].

Протягом трьох «сільськогосподарських років» 2015–2016, 2016–2017 та 2017–2018 сорти вирощували на дослідних полях Інституту зрошуваного зем-

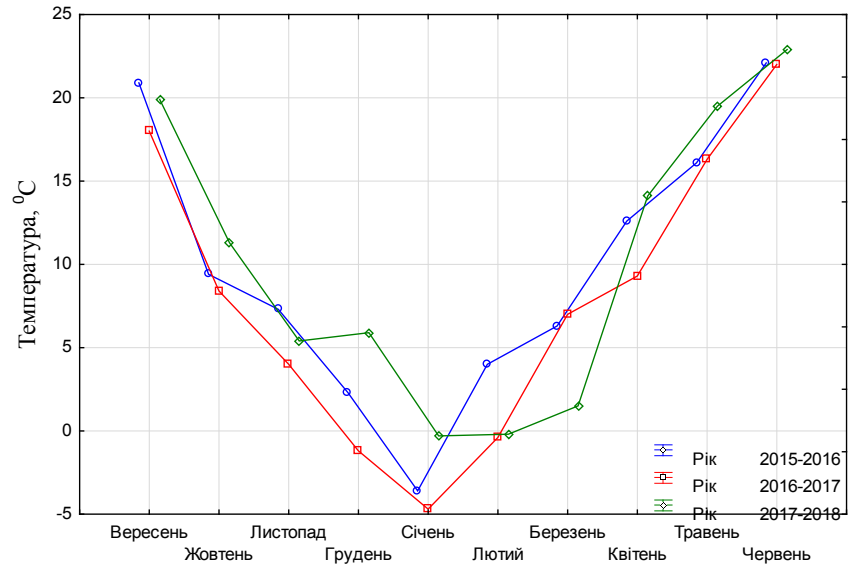
леробства (ІЗЗ), розташованого в зоні Інгулецької зрошувальної системи, що за ґрунтово-кліматичними і метеорологічними факторами відповідає умовам південного Степу України [4]. Польові дослідження проведені відповідно до загальноновизнаних методик, облікова площа ділянки 20 м², повторення триразове [1, 2]. Агротехніка рекомендована для агроекологічних умов південного Степу, крім факторів, що досліджувались (зрошення, богара). При вирощуванні сортів на зрошенні у розсаднику екологічного випробування рівень передполивної вологості ґрунту становив 75 % НВ у шарі 50 см, для зрошення використовували дощувальну установку ДДА 100МА [1]. Визначали врожайність в умовах посухи (богара) і при зрошенні. Двофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) проводили в програмі Statistica 8.

Індекс посухостійкості розраховували як відношення показників врожайності сорту в умовах посухи до врожайності при зрошуванні помножене на 100%. Для даних отриманих у відсотках використовували кутове перетворення Фішера: $\varphi = 2 \arcsin \sqrt{P}$, де P – відсоткова частка, виражена в частках одиниці. Щоб робить їх придатними для застосування параметричних статистичних методів, так як вони підлягають нормальному розподілу [6].

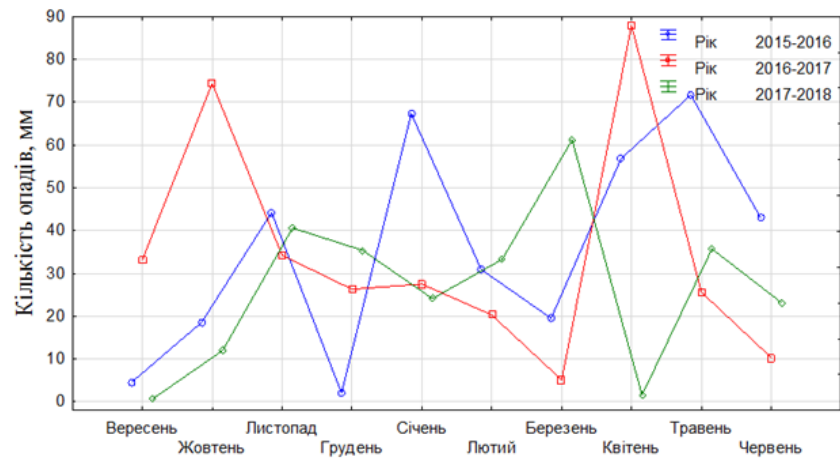
Загалом умови вирощування в 2015–2016 та 2017–2018 роках були більш схожими між собою і відрізнялися від 2016–2017 (рис. 1 А, Б) за даними обласного центру з гідрометеорології м. Херсон. У 2015 і 2017 роках з другої половини літа і до середини жовтня на півдні України утримувалась повітряна і ґрунтова посуха, що було не сприятливим для сівби. В той же час у вересні 2016 року випала достатня кількість опадів. У грудні 2015 і 2017 років утримувалась аномально тепла погода, що призвело до на місяць-півтора більш пізнього призупинення вегетації, отож рослини сортів пшениці ввійшли в зиму розкущеними. А в 2016 році вегетація припинилась на 11 днів раніше середньобабаторічних значень – 15 листопада. Загалом умови зимівлі у всі роки були задовільними. Відмінною особливістю вегетаційного періоду 2016 року була достатньо висока кількість атмосферних опадів у весняний і літній періоди.

Результати досліджень та обговорення

На сьогодні в базі даних Національного центру біотехнологічної інформації [11] не депоновано повної послідовності гена *TaSnRK2.8-A*. пшениці, хоча згідно [15] відомо про його секвенування. В той же час послідовність промоторного регіону цього гена розміром 2984 п.н. (номер в каталогі генбанку MF351624.1) оприлюднена [13]. При виконанні пошуку областей локальної подібності (BLAST) до послідовності промоторного регіону гена *TaSnRK2.8-A*. (MF351624.1) знайдено п'ять послідовностей (3 послідовності пшениці, ячменю та егілопсу). Проте це не свідчить про наявність високо гомологічних послідовностей у цих злаків через те, що перекривання цих послідовностей з референсною складає від 2 до 8 %, хоча в рамках перекриття спостерігається від 88 до 100 % гомології.



А



Б

Рис. 1. Метеорологічні умови за роки досліджень: А – середньо-місячна температура; Б – сума опадів за місяць

За даними аналізу з CAPS-маркерами встановлено, що сорти Анатолія, Овідій, Росинка, Херсонська безоста, Херсонська 99 характеризуються *A* алелем – аденін в положенні 5917 п.н. гена *TaSnRK2.8-A* – розмір фрагмента рестрикції 92 п.н., а сорти Соборна, Благо, Бургунка, Кошова – *G* алелем (розмір фрагмента рестрикції 78 п.н.) (рис. 2).

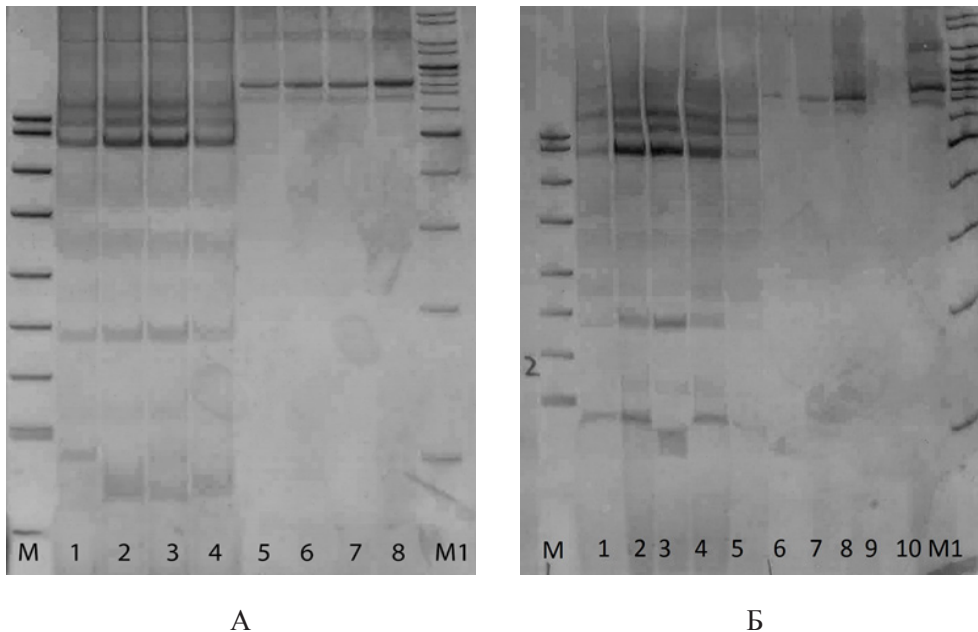


Рис. 2. CAPS аналіз *TaSnRK2.8-A* у генотипах сортів пшениці

А: 1, 5 – Анатолія; 2, 6 – Благо, 3, 7 – Бургунка, 4, 8 – Кошова – в 7 % ПААГ. Б: 1, 6 – Овідій, 2, 7 – Росинка, 3, 8 – Соборна, 4, 9 – Херсонська безоста, 5, 10 – Херсонська в 7 % ПААГ. М – маркер молекулярної маси *pUC19/Msp I*, M1 – маркер молекулярної маси 99 *Gene ruler*. 1, 2, 3, 4 на рис 2 А та 1, 2, 3, 4, 5 на рис 2.Б – поліморфізм за довжиною фрагментів отриманий в результаті ендонуклеазного розщеплення ПЛР-продуктів рестриктазою *HruCH4III*; 5, 6, 7, 8 на рис 2 А та 6, 7, 8, 9, 10 на рис 2.Б – ПЛР-продукти

Алель *A* вважається сприятливим алелем, що приводить до підвищення посухостійкості рослин, так як рослини з цим алелем характеризуються значним збільшенням біомаси проростків та водорозчинних вуглеводів [15]. Проте молекулярно-генетичні механізми цього ефекту залишаються не відомими. В нашому дослідженні частота зустрічальності *A* алелю (55,6 %) та *G* алелю (44,4 %) була майже однаковою, хоча за даними Zhang et al. [15] частота транзиції *A / G* складала 26,0 % при дослідженні 165 зразків. Розбіжність наших даних та даних Zhang et al. [15] може бути пов'язана з обмеженою вибіркою сортів у нашій роботі.

Досліджені сорти вирощували протягом трьох років на полях ІЗЗ в умовах зрошування та на богарі та визначали їх врожайність та індекс посухостійко-

сті (табл. 1). Між сортами виявлено статистично значимі відмінності на 5% рівні за врожайністю в умовах богари та зрошення, а також за індексом посухостійкості. Найбільш врожайним в умовах богари був сорт Кошова, він також залишився одним з найбільш врожайних при вирощуванні на зрошенні. Індекс посухостійкості (ІП) коливався від 38 (Бургунка) до 46 % (Росинка).

Таблиця 1

Середні значення досліджених ознак у сортів за три роки

Сорт	Алель за геном <i>TaSnRK2.8-A</i>	Врожайність в умовах посухи, т/га	Врожайність при зрошуванні, т/га	Індекс посухостійкості	
				Ф	%
Анатолія	<i>A</i>	3,23	8,07	1,38	40
Бургунка	<i>G</i>	3,01	7,96	1,33	38
Кошова	<i>G</i>	3,80	8,91	1,42	43
Овідій	<i>A</i>	3,35	8,65	1,34	39
Росинка	<i>A</i>	3,54	7,75	1,49	46
Соборна	<i>G</i>	3,61	9,11	1,36	40
Херсонська безоста	<i>A</i>	3,09	8,01	1,34	39
Херсонська 99	<i>A</i>	3,41	8,44	1,38	41
НІР _{0,05}		0,40	0,46	0,08	-

За результатами двофакторного дисперсійного аналізу за факторами «Алель» та «Рік» (які відображають вплив факторів генотип та середовище) визначено статистично значимі: вплив факторів «Алель» та «Рік» на врожайність в умовах зрошення ($p=0,001$) та вплив взаємодії факторів «Рік» х «Алель» на врожайність в умовах посухи (богари) ($p=0,05$) та на індекс посухостійкості ($p=0,001$) (табл. 2). Градації факторів «Алель» та «Рік» вважали випадковими. Наявність взаємодії факторів «Рік» х «Алель» свідчить про різноспрямованість впливу факторів в різні роки дослідження. Можливо вірогідні відмінності між середніми значеннями ознак у різні роки зумовлені взаємодією генотипу з середовищем. Так, наприклад, у 2018 році врожайність вирощених на богарі сортів пшениці з *G* алелем була більшою, ніж у сортів з *A* алелем, а в 2016 та 2017 рр. між сортами з різними алелями спостерігалися різноспрямовані тенденції, але їх значимість була несуттєвою (рис. 3). При вирощуванні на зрошенні врожайність була вищою у сортів з *G* алелем у всі роки дослідження.

Якщо розглядати показник індекс посухостійкості то можна спостерігати взаємодію генотип х середовище (факторів «Алель» та «Рік») зі зміною рангів (рис. 3В). Так у 2016 році рослини з алелями *A* та *G* не розрізнялися за ІП, у 2017 більший ІП був у сортів з *A* алелем, а в 2018 році ІП був вищий у сортів з *G* алелем. Отже генотипи, що мають переваги в одних умовах навколишнього середовища, можуть не мати таких переваг в дещо змінених умовах іншого року досліджень.

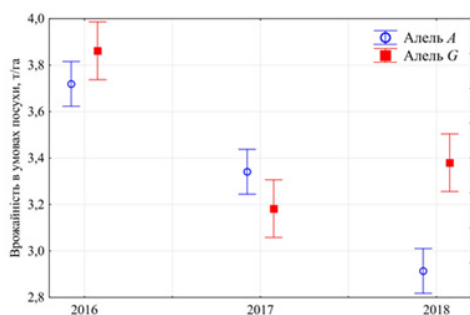
Таблиця 2

Результати дисперсійного аналізу, отримані при дослідженні сортів за три роки (2016–2018)

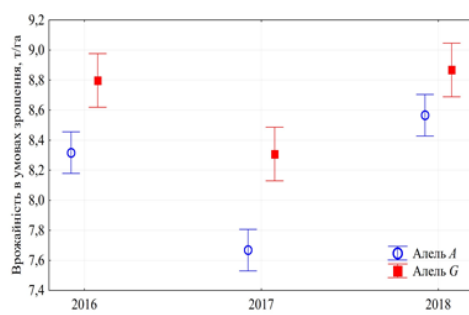
Ознака	Джерело варіації, mS			
	«Рік» (df=2)	«Алель» (df=1)	Взаємодія «Рік» х «Алель» (df=2)	Похибка (df=66)
Врожайність в умовах посухи (богари)	2,99	0,38	0,55*	0,14
Врожайність в умовах зрошення	3,90***	3,78***	0,16	0,29
Індекс посухостійкості	0,21	0,003	0,05***	0,006

Примітки:

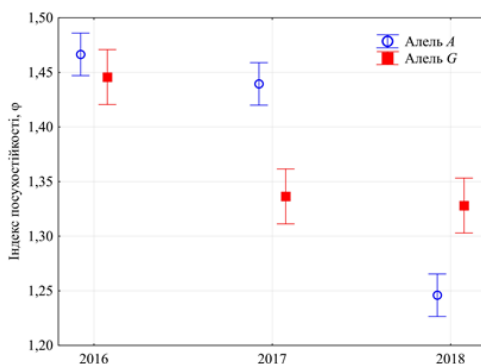
- Критичні рівні статистичної значимості позначено: $p < 0,05$ – однією і $p < 0,001$ – трьома зірочками (***).
- Статистична значимість впливу факторів «Рік», «Алель» та їх взаємодії визначена за F-критерієм Фішера для відповідного фактора або взаємодії [2]



А



Б



В

Рис. 3. Врожайність в умовах богари (А) та зрошення (Б), а також індекс посухостійкості (В) в залежності від алелів гена TaSnRK2.8-А

SNP аналіз показав [15], що різноманітність одонуклеотидних замінів в не-кодуючих регіонах гену *TaSnRK2.8* була вищою, ніж в кодуючих, це дозволяє висловити припущення, що більший селекційний тиск був направлений на кодуючий регіон гена.

Цікавим може бути продовження досліджень на більшій виборці сортів, або створення рекомбінантно-інбредних, або майже-ізогенних ліній за алелями *A* / *G* гену *TaSnRK2.8-A* та дослідження їх в умовах півдня України. При вирощуванні рослин пшениці в умовах південного степу України, не зважаючи на збільшення біомаси проростків та водорозчинних вуглеводів характерних для рослин з *A* алелем, про які повідомляли Zhang et al. [15], більшою врожайністю характеризувались рослини з *G* алелем. При вирощуванні сортів в умовах нестачі вологи (богара), можливо вплив дефіциту води проявляється ще на початку вегетації, а саме при проростанні рослин, що не дозволяє рослині «закласти більшу масу паростків». Таким чином програма зі збільшення маси паростків не реалізується, так як на більшу кількість (масу) проростків необхідно більше вологи, для їх нормального розвитку. В цьому випадку волога може витрачатися рослиною на ріст своїх вегетативних частин, а не накопичувати асимілянти в зернах. Тому у рослин з запрограмованою меншою масою проростків, вода витрачається саме на формування врожаю. На користь цієї гіпотези можуть свідчити дані обласного центру з гідрометеорології м. Херсон, які свідчать про повітряну і ґрунтову посуху, що спостерігалась до середини жовтня у 2015 і 2017 роках. Що було несприятливим для сівби озимих, а у вересні 2016 року випало 33,2 мм опадів, що близько до норми та має більший вплив для рослин вирощених в умовах богари. Індекс посухостійкості у рослин з *A* алелем був вищим у 2016–2017 році, можливо умови навколишнього середовища дозволили сортам з цим алелем проявити себе під час вегетації.

В той же час посухостійкість є складною та кількісною ознакою і шляхи взаємодії всіх генетичних мереж рослини, які регулюють її стійкість до посухи залишаються не вивченими. Можливо, через взаємодію з іншими генами ефекти *A* алелю в умовах півдня України нівелюються, або в українських сортах є інші мутації, які не дають перевагам *A* алелю проявитися.

Висновки

В роботі апробовано маркери до гена *TaSnRK2.8-A*. Серед сортів херсонської селекції детектовано поліморфізм за цим геном. У сортів Анатолія, Овідій, Росинка, Херсонська безоста та Херсонська 99 детектовано наявність аденіну в положенні 5917 п.н. (*A* алель), а у сортів Благо, Бургунка, Кошова, Соборна – гуаніну (*G* алель). Між сортами виявлено статистично значимі відмінності за врожайністю в умовах богари та зрошення, а також за індексом посухостійкості. Найбільш врожайним в умовах богари був сорт Кошова, він також залишився одним з найбільш врожайних при вирощуванні на зрошенні. Вплив факторів «Рік» та «Алель» був статистично значимий на врожайність в умовах

зрошення. В той же час врожайність в умовах посухи та ПП залежали від взаємодії факторів генотипу середовище («Рік» × «Алель»). Сорти пшениці з *G* алелем мали більшу врожайність в умовах зрошення та при вирощуванні на богарі в умовах 2018 року. Не детектовано статистично значимих відмінностей між сортами з різними алелями гену *TaSnRK2.8-A* за врожайністю при вирощуванні на богарі в 2016 та 2017 роках.

Стаття надійшла до редакції 01.11.2020

Список використаної літератури

1. Вожегова Р. А. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р. А. Вожегова, М. П. Малярчук, С. В. Коковіхін та ін. // – Херсон: Вид. Гринь Д. С., 2014. – 286 с.
2. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта* (с основами статистической обработки результатов исследований) [5-е изд., доп. и перераб.] / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Иващенко А.А. Изменения климата грозят Украине потерей более половины пахотных земель / А.А. Иващенко // Зеркало недели. – 2012. – http://news.zn.ua/SOCIETY/izmeneniya_klimata_grozyat_ukraine_poterey_bole poloviny_pahotnyh_zemel-108287.html
4. Лавриненко Ю.О. Еколого-генетична мінливість кількісних ознак зернових культур та її значення для селекції в умовах зрошення / Ю. О. Лавриненко. – Автореф. Дис. на здоб. ступеня докт. сільгосп. наук за спец. 06.01.05. – Дніпропетровськ, 2006. – 40 с. <https://institut-zerna.com/library/repozitariy/docs/lavrinenko/lavrinenko-aref.pdf>
5. Трипольська Г. Як проявляється зміна клімату в Україні? / Г. Трипольська // Фонд ім. Гайнріха Бюлля. – Київ, 2020. – <https://ua.boell.org/uk/2020/06/09/yak-proyavlyatsya-zmina-klimatu-v-ukraini>
6. Урбах В.Ю. Биометрические методы / В.Ю. Урбах. – М.: Наука, 1964. – 415с.
7. Як змінюється клімат в Україні. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України 15.03.2020. <https://mepr.gov.ua/news/35246.html>
8. Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 2: Molecular and Genetic Perspectives. Ed. M.A. Hossain, S.H. Wani, S. Bhattacharjee, D.J. Burrit, L.-S. P. Tran. – Springer, 2016. – 604 p.
9. Kawa D. SnRK2 protein kinases and mRNA decapping machinery control root development and response to salt / D. Kawa, A. J. Meyer, H. L. Dekker, A. M. Abd-El-Halim, K. Gevaert, E. Van De Slijke, J. Maszkowska, M. Bucholc, G. Dobrowolska, G. De Jaeger, R. C. Schuurink, M. A. Haring, C. Testerink // Plant physiology. – 2020. – Vol. 182 (1). – P. 361–377. <https://doi.org/10.1104/pp.19.00818>
10. Klimecka M. Regulation of ABA-non-activated SNF1-related protein kinase 2 signaling pathways by phosphatidic acid / M. Klimecka, M. Bucholc, J. Maszkowska, E. Krzywińska, G. Goch, M. Lichocka, J. Szczegieliński, G. Dobrowolska // International journal of molecular sciences. – 2020. – Vol. 21 (14). – 4984. <https://doi.org/10.3390/ijms21144984>
11. NCBI – National Center for Biotechnology Information [Електронний ресурс] / Режим доступу до бази даних: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
12. Sidorenko M. V. The effect of drought on wheat plants at different growth stages / M. V. Sidorenko, S. V. Chebotar // Вісник ОНУ. Біологія. – 2020. – Т. 25, вип. 1 (46). – С. 67-87.
13. Zhang H. Functional characterization of *TaSnRK2.8* promoter in response to abiotic stresses by deletion analysis in transgenic *Arabidopsis* / H. Zhang, R. Jing, X. Mao // Front. Plant Sci. – 2017. – 8:1198. doi: 10.3389/fpls.2017.01198
14. Zhang H. Overexpression of a common wheat gene *TaSnRK2.8* enhances tolerance to drought, salt and low temperature in *Arabidopsis* / H. Zhang, X. Mao, C. Wang, R. Jing // PLoS ONE. – 2010. – Vol. 5 (12): e16041. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016041>

15. Zhang H. Single-nucleotide polymorphisms and association analysis of drought-resistance gene *TaSnRK2.8* in common wheat / H. Zhang, X. Mao, J. Zhang, X. Chang // Plant Physiology and Biochemistry. – 2013. – Vol. 70. – P. 174-181.
16. Zhang Y. Overexpression of *CsSnRK2.5* increases tolerance to drought stress in transgenic *Arabidopsis* / Y. Zhang, S. Wan, X. Liu, J. He, L. Cheng, M. Duan, H. Liu, W. Wang, Y. Yu // Plant Physiology and Biochemistry. – 2020. – Vol. 150. – P. 162-170 <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.035>
17. Zhu W. Genome-wide identification and characterization of *SnRK* family genes in *Brassica napus* / W. Zhu, D. Wu, L. Jiang, L. Ye // BMC plant biology. – 2020. – Vol. 20 (1). – 287. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02484-3>

G. O. Chebotar¹, O. Ye. Oliinyk¹, Yu. O. Lavrynenko², S. V. Chebotar^{1,3}

¹Odesa National Mechnykov University, 2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

²Institute of Irrigated Agriculture of NAAS, Naddniprianske village, Kherson, 73483, Ukraine

³Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ovidiopolska road 3, Odesa, 65036, Ukraine

APPROBATION OF *TaSnRK2.8-A* GENE MARKER ANALYSIS ON UKRAINIAN BREAD WINTER WHEAT VARIETIES

Problem. Drought resistance of wheat is a complex quantitative trait. The study of the mechanisms and components of signaling pathways activated by drought stress, the search for and testing of molecular markers to identify alleles of genes that could provide benefits in certain growing conditions is relevant and necessary.

The aim of the study was to reveal the single nucleotide substitution of *A* to *G* at position 5917 bp of *TaSnRK2.8-A* gene, which differentiates alleles *A* and *G*, in bread winter wheat varieties of the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS of Ukraine and to compare yield and drought resistance index for varieties with the identified alleles.

Methods. The alleles of the *TaSnRK2.8-A* gene in nine varieties of bread winter wheat from the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS were studied using CAPS markers. Yields in drought and irrigation conditions were analyzed, as well as the drought resistance index in the field experiment during three growing years. Factors were evaluated using two factor analysis of variance (ANOVA) in Statistica 8.

The main results. In the varieties Anatoliia, Ovidii, Rosynka, Khersons'ka bezosta and Khersons'ka 99 the presence of adenine at position 5917 bp was detected – it was *A* allele of the *TaSnRK2.8* gene, and in the varieties Blaho, Burhunka, Koshova, Soborna – *G* allele. Significant differences were found between the varieties in terms of yield in the conditions of drought and irrigation, as well as in terms of drought resistance index. According to the results of two-factor analysis of variance, the factors "Year" and "Allele" significantly affected yield at the conditions of irrigation, in this case, plants with *G* allele were more productive. There were also significant affect of

the interaction of the factors "Year" x "Allele" on the yield in drought conditions and on the drought resistance index.

Conclusions. Alleles of the *TaSnRK2.8-A* gene were identified in 9 wheat varieties created at the Institute of Irrigated Agriculture. There were significant differences between the varieties in terms of yield under conditions of drought and irrigation, as well as in terms of drought resistance index. The Koshova variety was the most productive in the conditions of drought, it also remained one of the most productive when grown under irrigation. The influence of factors "Year" and "Allele" was statistically significant on yield under irrigation. At the same time, yields in drought and drought resistance index depended on the interaction of factors genotype x environment ("Year" x "Allele"). Wheat varieties with the *G* allele had higher yields under irrigation and when grown in conditions of drought in 2018. No significant differences were detected between varieties with different alleles of the *TaSnRK2.8-A* gene in terms of yield grown in conditions of drought in 2016 and 2017.

Key words: *Triticum aestivum* L., drought tolerance, molecular markers, *TaSnRK2.8-A* gene

References

1. Vozhegova R.A., Malyarchuk M.P., Kokovikhin S.V. and others., (2014), «Methods of field and laboratory research on irrigated lands» [Metody polevykh i laboratornykh issledovaniy oroshayemykh zemel], Kherson: Publ. Gren D.S., 2014, 286 p.
2. Dospekhov B.A., (1985), «Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)» [Metody polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)], B.A. Bronya, M.: Agropromizdat, 351 s.
3. Ivashchenko A.A., (2012), Climate change threatens Ukraine with the loss of more than half of arable land [Izmeneniye klimata grozit Ukraine poterey boleye poloviny pashni], Mirror of the week, http://news.zn.ua/SOCIETY/izmeneniya_klimata_grozyat_ukraine_poterey_boleye_polovini_pahotnyh_zemel-108287.html
4. Lavrinenko Yu. O., 2006, «Ecological and genetic variability of quantitative traits of cereals and its significance for selection under irrigation» [Ekologo-geneticheskaya izmenchivost' kolichestvennykh priznakov zernovykh kul'tur i yeye znacheneye dlya selektsii pri oroshenii], Author's ref. Dis. For degree of Dr. agricultural science for special. 01/06/05 [Avtorskaya iskh. Dis. na zdob. stepen' doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk po spets. 06.01.05], Dnepropetrovsk, 40 p. <https://institut-zerna.com/library/repozitariy/docs/lavrinenko/lavrinenko-aref.pdf>
5. Trypolska G., (2020), «How does climate change manifest itself in Ukraine?», Foundation named after Heinrich Böll, <https://ua.boell.org/uk/2020/06/09/yak-proyavlyayetsya-zmina-klimatu-v-ukraini>
6. Urbach V.Yu., (1964), Biometric methods, [Biometricheskiye metody], M.: Nauka, 415 p.
7. How the climate in Ukraine is changing, [Kak menyayetsya klimat v Ukraine], Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, [Ministerstvo okhrany okruzhayushchey sredi i prirodnykh resursov Ukrainy], 15.03.2020. <https://mepr.gov.ua/news/35246.html>
8. *Drought Stress Tolerance in Plants (2016), Vol 2: Molecular and Genetic Perspectives.* [Ed. M. A. Hossain, S.H. Wani, S. Bhattacharjee, D.J. Burrit, L.-S. P. Tran]. Springer, 604 pp.
9. Kawa D., Meyer A. J., Dekker H. L., Abd-El-Halim A. M., Gevaert K., Van De Slijke E., Maszkowska J., Bucholc M., Dobrowolska G., De Jaeger G., Schuurink R. C., Haring M. A., Testerink C., (2020), «SnRK2 protein kinases and mRNA decapping machinery control root development and response to salt», *Plant physiology*, Vol. 182, № 1, P. 361–377. <https://doi.org/10.1104/pp.19.00818>

10. Klimecka M., Bucholc M., Maszkowska J., Krzywińska E., Goch G., Lichocka M., Szczegielniak J., Dobrowolska G., (2020), «Regulation of ABA-non-activated SNF1-related protein kinase 2 signaling pathways by phosphatidic acid», *International journal of molecular sciences*, Vol. 21, № 14, P. 4984. <https://doi.org/10.3390/ijms21144984>
11. NCBI – National Center for Biotechnology Information [Електронний ресурс]: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
12. Sidorenko M. V., Chebotar S. V., 2020, «The effect of drought on wheat plants at different growth stages», *Visnyk ONU. Ser: Biologiya*, 25 (1), pp. 67-87.
13. Zhang H., Jing R., Mao X., (2017), «Functional characterization of *TaSnRK2.8* promoter in response to abiotic stresses by deletion analysis in transgenic *Arabidopsis*», *Front. Plant Sci.*, 8:1198. doi: 10.3389/fpls.2017.01198
14. Zhang H., Mao X., Wang C., Jing R., (2010), «Overexpression of a common wheat gene *TaSnRK2.8* enhances tolerance to drought, salt and low temperature in *Arabidopsis*», *PLoS ONE*, Vol. 5 (12): e16041. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016041>
15. Zhang H., Mao X., Zhang J., Chang X., (2013), «Single-nucleotide polymorphisms and association analysis of drought-resistance gene *TaSnRK2.8* in common wheat», *Plant Physiology and Biochemistry*, Vol. 70, P. 174-181.
16. Zhang Y., Wan S., Liu X., He J., Cheng L., Duan M., Liu H., Wang W., Yu Y., (2020), «Overexpression of *CsSnRK2.5* increases tolerance to drought stress in transgenic *Arabidopsis*», *Plant Physiology and Biochemistry*, Vol. 150, P. 162-170 <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.035>
17. Zhu W., Wu D., Jiang L., Ye L., (2020), «Genome-wide identification and characterization of *SnRK* family genes in *Brassica napus*», *BMC plant biology*, Vol. 20: 287. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02484-3>

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ



І. І. Кулакова к.б.н., старший науковий співробітник

ДУ «Інститут морської біології НАН України», відділ екології крайових угруповань

вул. Пушкінська, 37, м. Одеса, Україна, e-mail: irakulakoff@gmail.com

ФАУНА ВІЛЬНОЖИВУЧИХ НЕМАТОД УКРАЇНСЬКОЇ ЧАСТИНИ ГИРЛОВОЇ ОБЛАСТІ ДУНАЮ В СУЧАСНИЙ ПЕРІОД

Розглянуто видовий склад та кількісні показники вільноживучих нематод в складі мейобентосу на різних ділянках гирлової області Дунаю, а також в районі прямого техногенного навантаження (будівництва суднового ходу). Фауна нематод представлена 69 видами, які належать до 37 родів, 18 родин і 6 рядів. Спостерігається збільшення числа видів в кожному з загонів від гирла річки до мористої частини. Домінують за кількістю видів ряди Monhysterida і Enohlida. Переважним трофічним угрупованням є невибіркові детритофаги (1B). Розподіл показників щільності нематод на різних ділянках варіює в значних межах: від 1000 екз. \cdot м⁻² до 682500 екз. \cdot м⁻². В середньому вона склала 119474 екз. \cdot м⁻². Біомаса варіювала від 1,3 мг \cdot м⁻² до 425,4 мг \cdot м⁻² в середньому склавши 57,4 мг \cdot м⁻². Є підстави говорити про сформовану фауну нематод в досліджуваному районі, яка постійно зазнає кількісні зміни під впливом природно мінливих умов навколишнього середовища, а також техногенного навантаження.

Ключові слова: мейобентос; нематоди; видове різноманіття; українська частина гирлової області Дунаю.

Мейобентос північно-західній частині Чорного моря як об'єкт вивчення представляє особливий інтерес. Відомо, що мейобентосні показники в останні десятиліття все частіше використовуються для оцінки якості морських водойм. Серед донного поселення тільки мейобентосні організми можуть дуже швидко реагувати на зміни гідрохімічних і гідрологічних параметрів в досліджуваному районі. Завдяки дрібним розмірам і короткоциклічному розвитку вони здатні першими реагувати на погіршення умов навколишнього середовища (скорочується видове різноманіття, посилюється домінування окремих груп, різко збільшується чисельність мейобентосу і зменшується його біомаса). Мейобентос здатний також першим з зообентосу відновлювати свої популяції [8].

У північно-західній частині Чорного моря вільноживучі нематоди є однією з домінуючих груп мейобентосу. Особливий інтерес представляє дослідження стану фауни вільноживучих нематод на структурному рівні в гирлової області Дунаю (в зоні постійної взаємодії річкових і морських вод – потамоконтуру). У зв'язку з антропогенним навантаженням на біосферу особливого значення

набуває моніторинг цього впливу, тобто система спостережень, що дозволяє виділити зміну стану біосфери в наслідок людської діяльності. Дослідженням фауни вільноживучих нематод в Придунайському районі, що стосуються її дельтової частини присвячена робота Іванегі [4]. В складі мейобентосу нематоди вивчалися в Жебріянській бухті [2] та інших ділянках гирлової області Дунаю [3, 6]. Отже, вивчення таксономічного різноманіття та кількісного розвитку вільноживучих нематод в Придунайському районі в сучасних умовах, що відрізняються високим ступенем евтрофікації в порівнянні з іншими районами Чорного моря є актуальним.

Мета досліджень – виявити вплив техногенного навантаження та умов природної мінливості на видовий склад та кількісні показники вільноживучих нематод в складі мейобентосу на різних ділянках гирлової області Дунаю.

Матеріал та методи дослідження

Для отримання репрезентативних даних в основу аналізу наукового матеріалу використані дані багаторічного моніторингу мейобентосу в районі прямого техногенного навантаження (будівництва суднового ходу) виконаного Інститутом морської біології НАНУ за період з листопада 2004 р. по листопад 2019 р. (рис. 1). Всього виконано 25 зйомок. Для кількісної і якісної характеристики мейофауни відбір і обробку проб виробляли за загальноприйнятою в для дослідження мейобентосу методикою [1, 9, 17]. Проби відбирали за стандартною схемою станцій в діапазоні глибин 2,0–28 м. Безпосередньо в каналі (глибини 3–7 м), в районі дам্পінгу (глибини 8–13 м) – 21, на фонових станціях, розташованих на узбережжі (глибини 6–26 м) та на фонових станціях в мористій частині (глибини 8–27 м).

Відбір проб мейобентосу здійснювали за допомогою дночерпака Петерсена з площею розкриття $0,25 \text{ м}^2$. На кожній станції в залежності від типу субстрату з моноліту, принесеного дночерпаком, відбирали кількісну пробу ґрунту пробо-відбірником площею $10 \times 10 \text{ см}$. Потім промивали через систему бентосних сит з розмірами вічка 5 і 1 мм. Для виловлювання мейобентосу до нижнього сита підкладали млиновий газ з розміром вічка 100–120 мкм. Далі проби фіксували 4 % формаліном, одночасно фарбуючи барвником «Бенгальський рожевий».

У лабораторії кожену пробу переглядали в камері Богорова під бінокляром. Кількісному обліку піддавалися всі групи мейобентосу. Перерахунок кількості організмів робили на всю пробу, потім на 1 м^2 поверхні дна. Кожна проба містила від декількох сотень до декількох тисяч організмів мейобентосу, тобто була придатна для подальшого статистичного опрацювання.

Після виготовлення постійних препаратів під мікроскопом «Konus 5605 Biogex3» проводили визначення нематод за допомогою літератури [10–13] і бази даних «NeMys», Darwin Nematode Electronic Key [5, 16].

Для всіх досліджуваних ділянок розраховували процентне співвідношення щільності поселення ($\text{екз.} \cdot \text{м}^{-2}$) і біомаси нематод ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$), щоб визначити їх

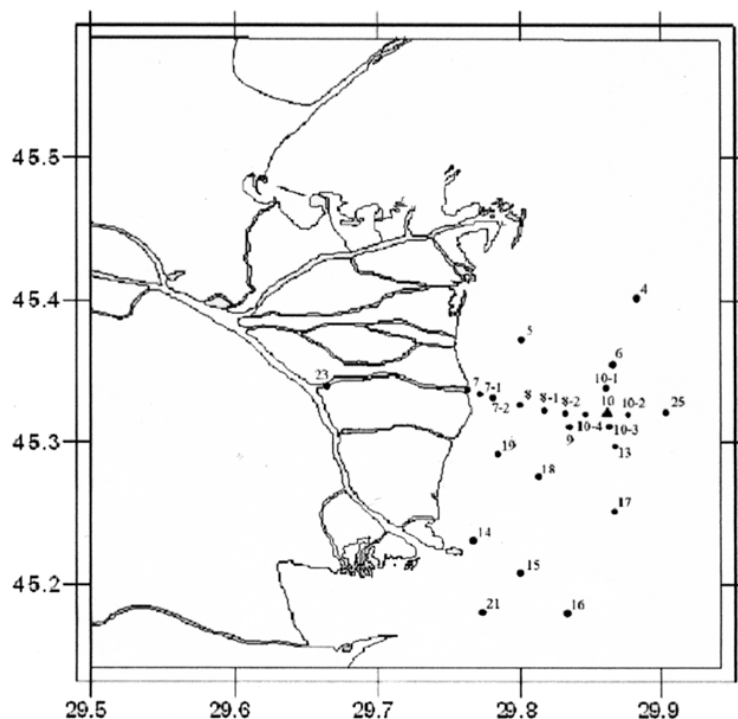


Рис. 1. Схема стандартних станцій відбору гідрохімічних та гідробіологічних проб ІМБ НАНУ в українській частині гирлової області Дунаю

частку в загальній щільності поселення мейобентосу. Для характеристики приуроченості видів до певних умов існування був використаний показник частоти зустрічальності, виражений у відсотках (Р, %), який добре характеризує приуроченість видів до певних умов існування [7]. Видове різноманіття нематод оцінювали за індексом Шеннона-Винера [19]. Оцінку трофічної структури таксоцену нематод проводили за допомогою класифікації Візера [21].

Результати дослідження та їх обговорення

Мейобентос гирлової області Дунаю представлений наступними групами організмів (Foraminifera, Nematoda, Harpacticoida, Ostracoda, Halacarida, Turbellaria, Oligochaeta, Polychaeta, Bivalvia, та Balanus). Всі вони відносяться до кормового мейобентосу.

В залежності від міста розташування мейобентос носить різноманітний характер, в ньому можуть бути присутніми на кожній із станцій від 1 до 7 таксонів. Показники загальної чисельності мейобентосу також розподіляються дуже мозаїчно і варіюють від 5000 екз. \cdot м⁻² до 650000–850000 екз. \cdot м⁻². Це свідчить про неоднорідність умов бенталі у цьому районі.

Багаторічні дослідження показали, що на більшій частині акваторії за чисельністю переважають нематоди і гарпактикоїди. Нематоди – типові мешканці бентосу і їх розвиток відбувається на дні. Нематоди вживають органічний детрит, бактерії, одноклітинні водорості, найпростіших. Вони, в свою чергу, є кормовим об'єктом для турбеларій, поліхет, ракоподібних, деяких видів риб. Нематоди – основний компонент мейобентосу, особливо у високо евтрофних районах, тому що організми цієї групи здатні витримувати низькі значення O_2 .

Вільноживучі нематоди за весь період досліджень відзначалися повсюдно, частка їх у загальній чисельності всього мейобентосу варіювала у різні роки від 20% до 49% (рис. 2).

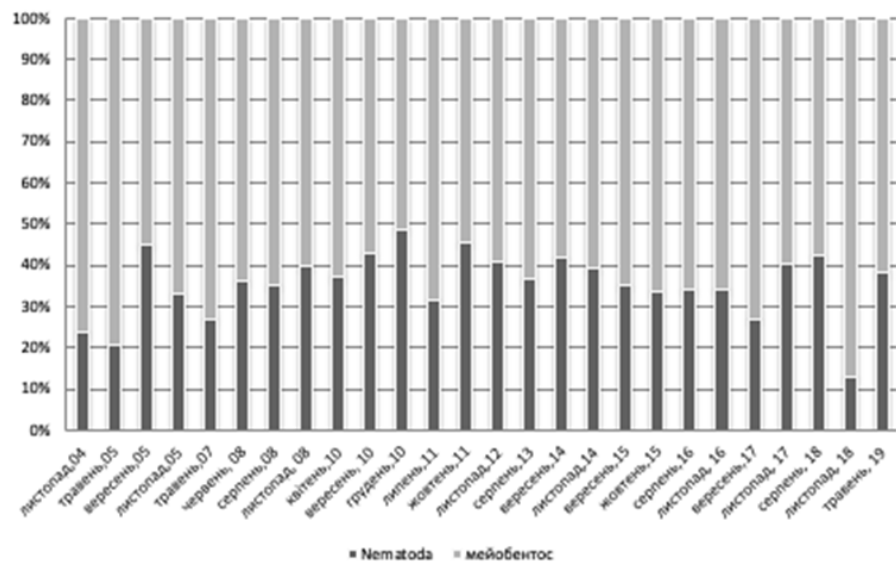


Рис. 2. Частка (%) щільності нематод у загальному мейобентосі в різні роки досліджень

Фауна нематод досліджуваного району представлена 69 видами з 37 родів, 18 родин і 6 рядів (Monhysterida – 28 видів, Enoplida – 23 види, Chromadorida – 11 видів, Araeolaimidae – 5 видів, Plectida і Desmodorida по 1 виду) (табл. 1).

Більшість видів нематод морські, що склали 80 %, решта – мешканці морських і солонуватих вод мають широкий ареал поширення. Із зазначених видів нематод 44 % відзначені тільки в Чорному морі, 27 % мешканці Чорного і Середземного морів, решта (29 %) – надзвичайно поширені види: Чорне, Азовське, Середземне, Балтійське, Баренцове, Північне, Біле моря. У північно-західній частині Чорного моря ці види переважають у мідієвих і фазеолінових мулах, на замуленому піску, меншою мірою – на піску з домішкою черепашки.

Таблиця 1

**Таксономічний список вільноживучих нематод на різних ділянках
гирлової області Дунаю**

Вид	Трофічні групи*	Канал	Дампінг	Фонові (авандельта)	Фонові (морські)
1	2	3	4	6	5
<i>Bathylaimus cobbi</i> Filipjev, 1922	1B	-	+	+	+
<i>Oxystomina elongata</i> (Butschli, 1874)	1A	-	+	-	+
<i>Halalaimus ponticus</i> Filipjev, 1922	1A	-	+	-	-
<i>H. wodjaniskii</i> Sergeeva, 1972	1A	-	-	+	+
<i>Halalaimus</i> sp.	1A	-	-	-	+
<i>Anticoma acuminata</i> (Eberth, 1863)	1A	-	-	-	+
<i>Anticoma</i> sp.	1A	-	-	-	+
<i>Phanoderma albidum</i> Bastian, 1865	2A	+	-	-	-
<i>Enoplus littoralis</i> Filipjev, 1918	1A	-	-	+	-
<i>E. euxinus</i> Filipjev, 1918	2B	-	-	+	+
<i>Enoplus</i> sp.	2B	-	-	-	+
<i>Enoploides brevis</i> Filipjev, 1918	2B	-	-	-	+
<i>Mesacanthion conicus</i> (Filipjev, 1918)	2B	+	-	+	+
<i>M. hererospiculum</i> Sergeeva, 1974	2B	-	+	-	+
<i>Enoplolaimus</i> sp.	2B	-	-	+	-
<i>Oxyonhus dubius</i> Filipjev, 1918)	2B	-	-	+	-
<i>Viscosia glabra</i> Filipjev, 1922	2B	-	+	+	+
<i>V. elongata</i> Filipjev, 1922	2B	-	-	+	-
<i>V. minor</i> Filipjev, 1918	2B	-	+	+	+
<i>Viscosia</i> sp.	2B	-	-	+	-
<i>Oncholaimus campylocercoides</i> De Coninck end Stekhoven, 1933	2B	-	-	+	+
<i>Metoncholaimus demani</i> (Zuz Strassen, 1894)	2B	-	-	-	+
<i>Anoplostoma viviparum</i> (Bastian, 1865)	1A	-	+	+	-
<i>Chromadora nudicapitata</i> (Bastian, 1865)	2A	-	-	+	+
<i>Chromadora</i> sp.	2A	-	-	+	-
<i>Chromadora</i> sp.1	2A	-	-	+	-
<i>Chromadorina gracilis</i> (Filipjev, 1922)	2A	-	-	+	-

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
<i>Neochromadora poecilosomoides</i> (Filipjev, 1918)	2A	-	-	+	+
<i>Chromadorella mytilicola</i> (Filipjev, 1918)	2A	-	-	+	-
<i>Prochromadorella mediterranea</i> (Micoletzky, 1922)	2A	-	-	+	+
<i>Cyatholaimus</i> sp.	2A	+	-	-	-
<i>Euchromadora striata</i> (Eberth, 1863)	2A	-	-	-	+
<i>Paracantonchus caecus</i> (Bastian, 1865)	2A	+	-	+	+
<i>Cobbionema acrocerca</i> Filipjev, 1922	2A	-	-	+	+
<i>Microlaimus kaurii</i> Wieser 1954	1A	-	-	-	+
<i>Camacolaimus dolichocercus</i> Filipjev, 1922	1B	-	-	+	-
<i>Paradontophora quadristicha</i> (Stekhoven, 1950)	1B	-	-	+	-
<i>Axonolaimus setosus</i> Filipjev, 1918	1B	+	-	+	+
<i>A. ponticus</i> Filipjev, 1918	1B	-	-	+	+
<i>Odontophora angustilaimus</i> (Filipjev, 1918)	1B	-	-	-	+
<i>Terschellingia pontica</i> Filipjev, 1918	1A	+	+	+	+
<i>T. longicaudata</i> De Man, 1907	1A	-	-	+	+
<i>Terschellingia</i> sp.	1A	-	-	-	+
<i>Eleutherolaimus longus</i> Filipjev, 1922	1B	-	-	+	+
<i>Metalinchoeues zosteræ</i> Filipjev 1918	2A	-	+	+	+
<i>Paralinhomoeus filiformis</i> (Filipjev, 1918)	2A	-	-	+	-
<i>Daptonema oxycerca</i> (de Man, 1888)	1B	-	-	-	+
<i>D. longicaudatum</i> (Filipjev, 1922)	1B	+	-	+	+
<i>D. maeoticum</i> (Filipjev, 1922)	1B	-	-	+	+
<i>D. longicaudatum</i> (Filipjev, 1922)	1B	-	-	+	-
<i>Theristus latissimus</i> Filipjev, 1922	1B	+	-	+	+
<i>T. setosus</i> Butschli, 1874	1B	+	-	+	+
<i>Theristus</i> sp.	1B	-	-	-	+
<i>Monhystera collaris</i> Filipjev, 1922	1B	+	-	+	+
<i>M. rotundicapitata</i> Filipjev, 1922	1B	+	-	+	-

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
<i>M. ampulocauda</i> Paramonov, 1926	1B		+	+	+
<i>M. conica</i> Filipjev, 1922	1B	+	+	-	+
<i>Monhystera</i> sp.1	1B	+	-	-	-
<i>Monhystera</i> sp.2	1B	-	-	-	+
<i>Monhystera</i> sp.3	1B	-	-	+	-
<i>Monhystera</i> sp. 4	2B	-	-	+	-
<i>Sphaerolaimus ostreae</i> Filipjev, 1918	2B	+	+	+	+
<i>S. gracilis</i> De Man, 1976	2B	+	+	+	-
<i>S. macrocerculus</i> Filipjev, 1918	2B	-	-	+	-
<i>Araeolaimus</i> gen. sp.	1B	-	-	-	+
<i>Sabatieria pulchra</i> (G. Schneider, 1906)	1B	+	+	+	+
<i>S. abyssalis</i> (Filipjev, 1918)	1B	-	+	+	+
<i>S. quadripapillata</i> Filipjev, 1922	1B	-	-	+	+
<i>Sabatieria</i> sp.	1B	-	-	+	-

Примітка. Трофічні групи: 1A – вибіркові детритофаги, 1B – невібіркові детритофаги, 2A – шкребачі і 2B – хижаки

Безпосередньо в каналі (глибини 3–7 м) зареєстровано 13 видів нематод, в районі дам্পінгу (глибини 8–13 м) – 21, на фонових станціях, розташованих на узбережжі (глибини 6–26 м) – 47, на фонових станціях у мористій частині (глибини 8–27 м) – 48 видів. Ці види поширені в Чорному, Азовському і Середземному морях. Представники 6-ти рядів у досліджуваному районі розподілялися нерівномірно. Спостерігається збільшення числа видів у кожному з загонів від гирла річки до мористої частини. Домінують за кількістю видів заgonи Monhysterida і Enoptida, деякі представники яких мешкають як в морських, так і прісноводних водоймах.

Оцінка видового різноманіття нематод за індексом Шеннона-Вінера [19] в районі будівництва судноплавного каналу показала, що на фонових станціях (авандельта і морська частина) були зафіксовані максимальні значення цього індексу (0,7–2,3), що свідчить про велику кількість в них видів нематод, кожен з яких представлений невеликою кількістю особин. На більшості ж станцій, особливо в районі каналу, значення індексу видового багатства нематод були невисокими (від 0,5 до 1,5), склавши в середньому для акваторії 1,3. Розподіл кількісних показників щільності нематод на різних ділянках також варіює в значних межах: від 1000 екз·м⁻² до 682500 екз·м⁻² (рис. 3, 4). В середньому вона склала 119474 екз·м⁻². Біомаса варіювала від 1,3 мг·м⁻² до 425,4 мг·м⁻² в середньому склавши 57,4 мг·м⁻².

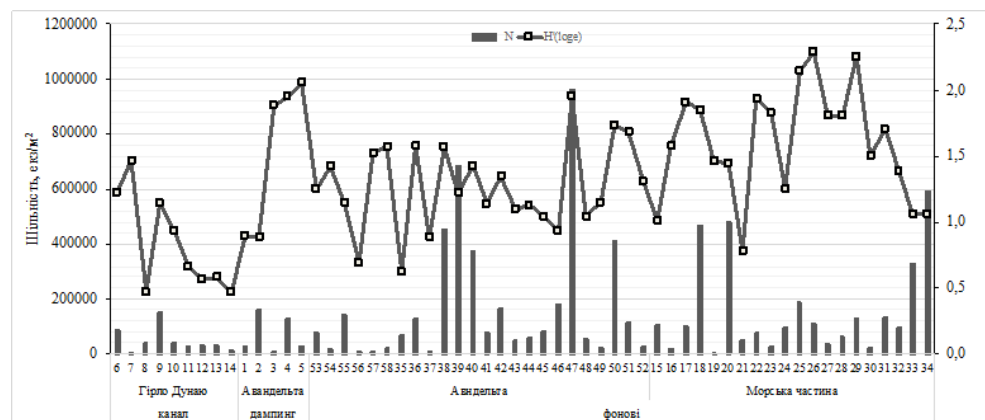


Рис. 3. Видове різноманіття (H') і щільність (екз. м^{-2}) нематод в районі будівництва глибоководного судноплавного каналу (гирлова область Дунаю)

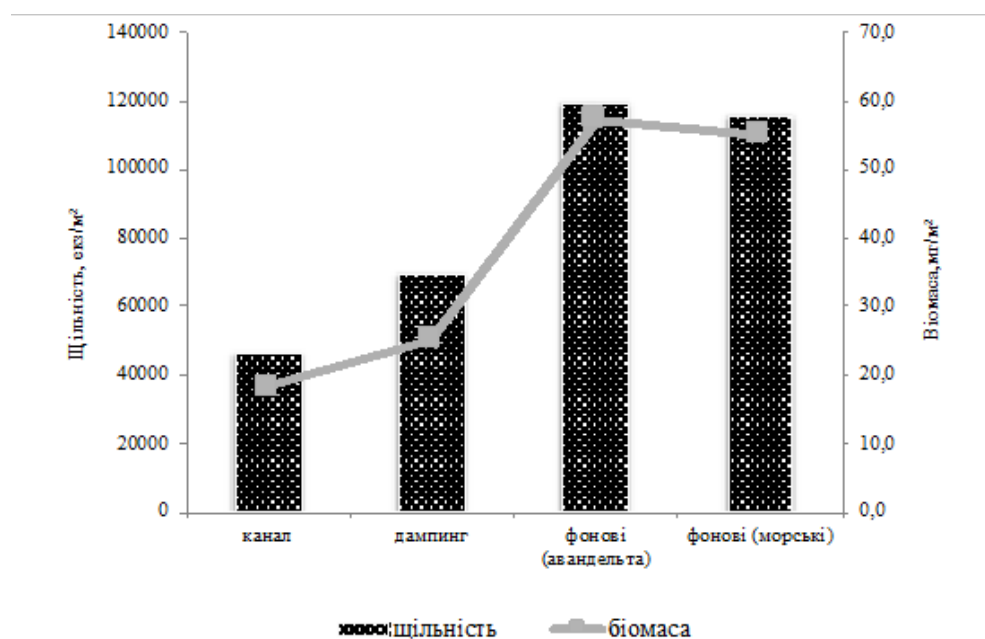


Рис. 4. Середня щільність і біомаса нематод в різних районах гирлової області Дунаю

Гирлова область Дунаю є зоною постійної взаємодії річкових і морських вод, в результаті цього змінюються їх властивості, які впливають на формування кількісних і якісних показників фауни нематод. Спостерігається збільшення щільності поселень нематод від гирла річки до мористої частини. Також кількісні та якісні показники фауни нематод в гирлової області Дунаю неоднорідні і знаходяться в залежності як від структури біотопу, так і від глибин. Важли-

ву роль формування нематод відіграє і водний стік Дунаю. Цікаво відзначити, що в маловодні по стоку роки в досліджуваній зоні спостерігається зростання кількісних показників нематод у порівнянні з багатоводними роками (рис. 5).

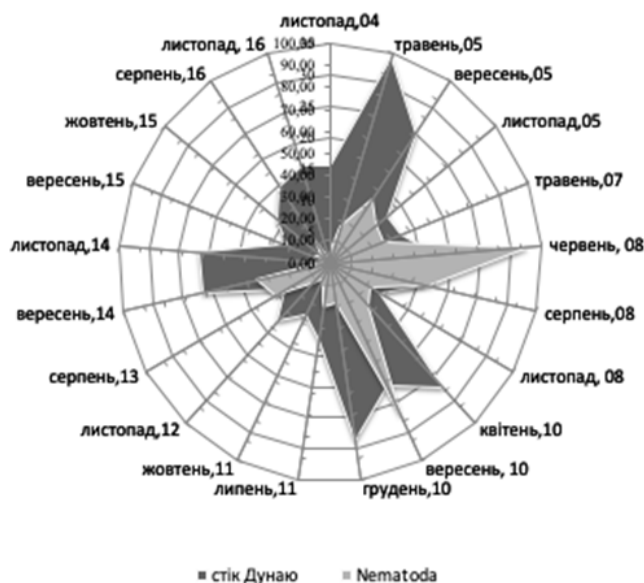


Рис. 5. Динаміка середньої щільності (екз.·м⁻²) нематод і водного стоку Дунаю в районі будівництва глибоководного судноплавного каналу (2014–2017 рр.)

Це підтверджує той факт, що мінливість сольового і гідрологічного режимів призводять до того, що в цих умовах можуть існувати тільки організми з великою екологічною пластичністю. Зона змішування прісних і морських вод, для якої характерний «мінімум видів», в багатоводні по стоку Дунаю роки зміщується від берега у відкрите море, а в маловодні роки, навпаки, ця зона проходить ближче до гирл, захоплюючи деякі затоки. Чим стабільніше сольовий склад і менше вплив дунайських вод у досліджуваному районі, тим багатша і різноманітніша там мейофауна. Район будівництва судноплавного каналу характеризується біотопом, що складається в основному з щільного замуленого піску і сірого мулу з глибинами від 3 до 12 м, найбільш збіднений нематофауною як в якісному, так і кількісному відношенні. У ньому було зафіксовано тільки 13 видів нематод з трьох рядів. На станціях зазначалося всього від 2 до 5 видів. Щільність поселень нематод в районі каналу була не високою в порівнянні з іншими ділянками досліджень і варіювала від 12400 і 148000 екз.·м⁻², склавши в середньому 45834 екз.·м⁻². Найбільшого поширення набули представники загону Monhysterida (74 %) (10 видів). Високий відсоток виявлення

й щільності поселень відзначений лише у 2 видів ряду Monhysterida: *Theristus setosus* (89 %) і *Daptonema longicaudatum* (77 %). Їх чисельність склала в середньому 14351 і 7075 екз. \cdot м⁻² відповідно. Також висока щільність відзначена у представника із ряду Araeolaimida *Sabatieria pulchra* (8622 екз. \cdot м⁻²). Ряд Enoplida був представлений одним видом: *Phanoderma albidum*. Переважними у трофічному угрупованні були невивіркові детритофаги (1В) (61 %).

В районі дам্পінгу (з глибинами 8–13 м, і сірим мулом) кількісні показники щільності нематод були майже в 1,5 рази вище, ніж в районі днопоглиблення і склали в середньому 69000 екз. \cdot м⁻². Не дивлячись на періодичні зміни умов свого розвитку в результаті звалища ґрунту, тут зафіксовано 21 вид нематод з чотирьох рядів. На станціях зазначалося від 4 до 13 видів. Рівною мірою присутні за кількістю видів ряди Enoplida, Monhysterida і Chromadorida. З ряду Enoplida домінували за зустрічальністю (50–73%) *Halalaimus ponticus*, *Viscosia minor* і *Bathylaimus cobbi*, досягаючи в середньому 3089 екз. \cdot м⁻², 2173 екз. \cdot м⁻² і 2173 екз. \cdot м⁻² відповідно.

Серед видів ряду Monhysterida домінують за зустрічальністю до 66 % і за щільністю поселень *Terschellingia pontica* (середнє 17576 екз. \cdot м⁻²) і *Sphaerolaimus ostreae* (середнє 2390 екз. \cdot м⁻²). З ряду Chromadorida з домінуванням за зустрічальністю (63,0 %) і переважанням за щільністю поселень відзначений *Paracanthochus caecus* (в середньому 1039 екз. \cdot м⁻²). Слід відзначити високу зустрічальність (до 78 %) *S. pulchra* із ряду Araeolaimida. Його кількісні показники і склали в середньому 20500 екз. \cdot м⁻². Варто зазначити, що швидка течія, і цілком ймовірно, інші гідрологічні та гідрохімічні особливості цих зон, що знаходяться в нижній частині суднового ходу та дам্পінгу, не сприяють розвитку тут нематод.

На фонових станціях як на узбережжі, так і на станціях, що розташовані у відкритому морі, порівняно з першими двома районами, спостерігається збільшення видової різноманітності і щільності поселень нематод. На узбережжі, що характеризується глибинами 10–26 м і переважанням сірих і чорних мулів зафіксовано 47 видів нематод з чотирьох рядів. На більшості станцій зазначалося від 10 до 13 видів. Рівною мірою присутні за кількістю видів ряди Monhysterida і Enoplida. Середні значення щільності поселень нематод на узбережжі зросли на порядок, склавши 119474 екз. \cdot м⁻². Однак кількісні показники нематод розподілялися нерівномірно від 1000 екз. \cdot м⁻² до 682500 екз. \cdot м⁻².

Високий відсоток виявлення й щільності поселень відзначений у 3 видів: *S. pulchra* (89 %), *P. caecus* (67 %) і *T. pontica* (56 %). Їх середня чисельність склала: 28870, 24000 і 13860 екз. \cdot м⁻² відповідно. Субдомінантним за кількісними показниками можна відзначити: *T. longicaudata* (8446 екз. \cdot м⁻²) *S. ostreae* (5122 екз. \cdot м⁻²), *S. abatieria abyssalis* (4763 екз. \cdot м⁻²), *Parodontophora quadristicha* (4350 екз. \cdot м⁻²).

На фонових станціях в мористій частини з глибинами 8–27 м і переважанням сірих, чорних мулів і замуленого піску зафіксовано 48 видів нематод з

п'яти рядів. На більшості станцій зазначалося від 10 до 13 видів. Домінували за кількістю видів ряди Monhysterida і Enohlida. Кількість представників ряду Chromadorida збільшується від дельти до мористої частини від 4 до 9-ти видів. Ряд Aegaeolaimida також був відзначений різноманітним в мористій частини. Середні значення щільності поселень нематод склали 115244 екз.·м⁻². Кількісні показники нематод розподілялися нерівномірно від 1000 екз.·м⁻² до 593806 екз.·м⁻². Висока зустрічальність і щільність поселень відзначена у представника із ряду Aegaeolaimida *S. abyssalis* (70 %). Середня чисельність її становила 28990 екз.·м⁻².

Домінують за виявленням і щільністю поселень види із ряду Monhysterida: *T. longicaudata* (59 %) і *Axonolaimus setosus* (50 %) Їх чисельність склала в середньому 14351 і 8612 екз.·м⁻² відповідно.

Переважним трофічним угрупованням на фонових станціях були також не-вибіркові детритофаги (1В) (40%) і рівною мірою інші. Дослідженнями нематофауни в румунській частині дельти Дунаю також відзначено домінування не-вибіркових детритофагів (в основному з родин Comesomatidae і Linchomoidae) на мілководді, що знаходиться під сильним впливом Дунаю і на великих глибинах з муловим відкладенням, збагаченим органікою [18].

Відзначено негативний стан мейобентосу під впливом днопоглиблювальних робіт. Однак не стільки виїмка ґрунту, скільки його складування впливає на мейофауну як на кількісні показники, так і на видовий рівень. Скидання дрібного щільного піску під час днопоглиблювальних робіт в каналі в район дампіну створює несприятливі умови для розвитку організмів. Однак завдяки біологічним особливостям (дрібні розміри і коротко циклічний розвиток) мейобентос здатний швидко відновлюватися після припинення відвалу ґрунту.

Дослідженнями ранніх років також встановлено, що максимальні скупчення і більша різноманітність відмічена на станціях, розташованих у відкритих районах північно-західного шельфу на мулах (середня чисельність 530000 екз.·м⁻², біомаса 1,4 г·м⁻²), тоді як в районах, схильних до інтенсивного впливу річкового стоку, нематофауна найбільш бідна (середня чисельність 83000 екз.·м⁻², біомаса 0,2 г·м⁻²) [3, 5, 21].

Аналіз даних досліджуваного району показав, що змінюється роль керівних видів у таксоцені нематод від гирлової до мористої частини. Так, в гирлової частині (зоні побудови каналу) виділені види, які можна розглядати як домінуючі види таксоценотичного комплексу нематод. Це види: *Theristus setosus*, *Daptonema longicaudatum*, *Sabatieria pulchra*, *Phanoderma albidum*.

У зони дампіну до домінуючих видів можна віднести: *Sabatieria pulchra*, *Terschellingia pontica*, *Axonolaimus setosus*, *Sphaerolaimus ostreae* і *Sabatieria abyssalis*.

На фонових станціях (авандельтової і мористої частинах) на перше місце виступають *Sabatieria abyssalis*, *Terschellingia longicaudata*, *Axonolaimus setosus*, *Eleutherolaimus longus* і *Odontophora angustilaimus*.

З літератури відомо, що в першу чергу, при зміні гідробіологічних та екологічних умов відбуваються зміни в структурі таксоцену, тобто спостерігається виражене домінування одного або декількох видів. У більш стабільних умовах структура таксоцену дещо вирівняна (представлена багатьма таксонами, зустрічальність і щільність яких висока) [8, 14]. Гирлова область Дунаю є зоною постійної взаємодії річкових і морських вод, в результаті цього змінюються їхні властивості, які впливають на формування якісних і кількісних показників фауни нематод.

Слід зазначити, комплекси домінуючих видів гирлової, авандельтової і мористої частин в усі досліджувані роки, залишаються незмінними, що може бути непрямим підтвердженням наявності природних умов для подібного розвитку нематод. Неоднозначний внесок окремих видів у внутрішньо комплексну схожість між станціями в різні роки, визначається, мабуть, характерними для пригирлових акваторій змінами гідролого-гідрохімічних умов, які опосередковано впливають на їх розвиток. Є підстави говорити про сформування фауни нематод в досліджуваному районі, яка постійно зазнає кількісні зміни під впливом природно мінливих умов навколишнього середовища, а також техногенного навантаження.

Висновки

1. Вільноживучі нематоди за весь період досліджень відзначалися повсюдно, частка їх у загальній чисельності всього мейобентосу варіювала в різні роки від 20 % до 49 %.
2. Фауна нематод в гирлової області Дунаю представлена 69 видами з 37 родів, 18 родин і 6 рядів. Спостерігається збільшення числа видів у кожному з рядів від гирла річки до мористої частини. Домінують за кількістю видів ряди Monhysterida і Enoptida. Переважним трофічним угрупованням є невивіркові детритофаги (1В).
3. Розподіл кількісних показників щільності нематод на різних ділянках варіює в значних межах: від $1000 \text{ екз} \cdot \text{м}^{-2}$ до $682500 \text{ екз} \cdot \text{м}^{-2}$. В середньому вона склала $119474 \text{ екз} \cdot \text{м}^{-2}$. Біомаса варіювала від $1,3 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$ до $425,4 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$, в середньому склавши $57,4 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$.
4. В маловодні по стоку роки спостерігається зростання кількісних показників нематод у порівнянні з багатоводними.
5. Є підстави говорити про сформовану фауну нематод в українській частині гирлової області Дунаю, яка постійно зазнає кількісні зміни під впливом природно мінливих умов навколишнього середовища, а також техногенного навантаження.

Стаття надійшла до редакції 14.07.2020

Список використаної літератури

1. Воробьева Л. В. Мейобентос украинского шельфа Черного и Азовского морей / Л. В. Воробьева. – Киев: Наук. думка, 1999. – 300 с.
2. Воробьева Л. В. Пространственно-временная изменчивость мейобентоса Жебриянской бухты / Л. В. Воробьева, И. И. Кулакова // Экосистема взморья Украинской дельты Дуная. – Одесса: Астропринт, 1998. – С. 238–249.
3. Воробьева Л. В. Мейобентос украинской части Дунайского взморья в условиях строительства судового канала / Л. В. Воробьева, И. И. Кулакова, Л. А. Гарлицька // Морск. экол. журн. – 2012. – Т. XI, № 3. – С. 33–40.
4. Иванега И. Г. Состав и особенности распределения нематод водоемах Килийской дельты Дуная / И. Г. Иванега // Зоол. журн. – 1978. – Т. 57, вып. 2. – С. 292–295.
5. Кулакова И. И. Свободноживущие нематоды северо-западной части Черного моря / И. И. Кулакова // В кн.: Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. – Киев: Наук. думка, 2006. – Гл. 6. – С. 254–260.
6. Кулакова И. И. Сравнительная оценка таксономического разнообразия свободноживущих нематод устьевого взморья украинской части дельты Дуная / И. И. Кулакова // Матеріали VII з'їзду Гідроекологічного товариства (5-8 жовтня, 2015р., м. Київ) Наук. зап. Терноп. нац. ун-ту. Сер. Біол. – 2015. – № 3-4 (64). – С. 372–375.
7. Лебедева Н. В. Биологическое разнообразие и методы его оценки / Н. В. Лебедева, Д. А. Кривоуцкий // В кн.: География и мониторинг биоразнообразия. Колл. Авторы. – М.: Издательство Научного и учебно-методического центра, 2002. – Раздел I, гл. 5. – 432 с.
8. Мокиевский В. О. Экология морского мейобентоса / В. О. Мокиевский // – М.: Т-во научных изданий КМК., 2009. – 286 с.
9. Мокиевский В. О. Мейобентос. Методическое пособие по полевой практике / В. О. Мокиевский, Г. Д. Колбасова, С. В. Пятаева, А. Б. Цетлин // – М.: Т-во научных изданий КМК, 2015. – 199 с.
10. Платонова Т. А. Класс круглые черви – Nematoda Rudolphi, 1808 / Т. А. Платонова // Определитель фауны Черного и Азовского морей, I. – Киев: Наук. думка. – 1968. – С. 111–183.
11. Филиппов И. Н. Свободноживущие нематоды коллекции зоологического музея императорской Академии Наук / Филиппов И. Н. // Ежегодн. зоол. муз. имп. АН. 1916. Т. 21. – С. 59–116.
12. Филиппов И. Н. Свободноживущие морские нематоды окрестностей Севастополя / Филиппов И. Н. // Труды Особой зоологической лаборатории и Севастопольской биологической станции Российской АН. Сер. 2. – Пг., 1918 – 1921. – № 4, вып. 1, 2. – 614 с.
13. Филиппов И. Н. Новые данные о свободных нематод Черного моря / Филиппов И. Н. // Труды Ставропол. с-х. ин-та. – Ставрополь, 1922. – Т. 1, № 6. – 181 с.
14. Чесунов А. В. Биология морских нематод / А. В. Чесунов // М.: Т-во научных изданий КМК. – 2006. – С. 327–329.
15. Darwin Nematode Electronic Key Plymouth Marine Laboratory <https://darwin-nematode-key.software.informer.com/download/>
16. Deprez T. et al. 2007. NeMys. <http://www.nemys.ugent.be/> (доступно 17 января 2019).
17. Huling N.C. A Manual for the Study of Meiofauna / N. C. Huling, J. S. Gray // Smit. Contr. Zool. – 1971. – N. 78. – P. 1–84.
18. Muresan M. Assessment of free-living marine nematodes community from the NW Romanian Black Sea shelf / M. Muresan // Geo-Eco-Marina. – 2012. – N. 18. – P. 133–145.
19. Shannon C. E. The mathematical theory of communication / C. E. Shannon, W. Weaver // Urbana: Univ. of Illinois Press. – 1963. – 177 p.
20. Vorobyova L.V. Contemporary state of the meiobenthos in the western Black Sea / L.V. Vorobyova, I.I. Kulakova // translation from Russian V. I. Lisovskaya, PhD, OB IBSS senior research associate – Odessa : Astroprint, 2009. – 126 p.
21. Wieser W. Die Beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden Nematoden / W. Wieser // Ark. Zool. – 1953. – S. 2. – Bd.4, Hf. 5. – S. 439–484.

I. I. Kulakova

Institute of Marine Biology of NAS of Ukraine, Department of Ecology of Contact Communities

37, Pushkinska str., Odesa 65048, Ukraine, irakulakoff@gmail.com

FAUNA OF FREELIVING NEMATODES IN THE UKRAINIAN PART OF THE DANUBE RIVER MOUTH AREA IN THE MODERN PERIOD

Abstract

Problem. The Problem links with variability of modern state environmental condition of the Danube river mouth area and the whole Black sea system as well. Thus the taxonomic diversity and quantitative development of free-living nematodes (the dominant component of meiobenthos) is under the eutrophication press because of directly Danube water input. Among the benthic organisms, only meiobenthos can react very quickly to changes in hydrochemical and hydrological parameters. Due to their small size and short-cycle development, they are the first to respond to deteriorating environmental conditions.

The purpose is to identify the species composition and quantitative indicators of free-living nematodes of the meiobenthos in different parts in the Danube mouth area in modern period.

Materials and methods. The data of long-term monitoring of meiobenthos in the Ukrainian part of the Danube mouth area located under the direct technogenic influence (dumping and shipping way construction), carried out by the Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine during from November 2004 to November 2019, were used.

Main results of the research. The fauna of nematodes is represented by 69 species of 37 genera, 18 families and 6 orders. The orders Monhysterida and Enoplida dominate by the number of species. The increase in the number of species in each of the orders from the river mouth to the open sea was observed. The predominant trophic group is non-selective deposit feeders (1B). The distribution of quantitative indicators of the density of nematodes in different areas varies within significant limits: from 1000 ind. \cdot m⁻² up to 682 500 ind. \cdot m⁻². (average – 119 474 ind. \cdot m⁻²). The biomass varied from 1.3 mg \cdot m⁻² to 425.4 mg \cdot m⁻² (average – 57.4 mg \cdot m⁻²).

Conclusions. The quantity changes of fauna of nematodes in the Ukrainian part of the Danube mouth area depends on the influence of naturally changing environmental conditions, as well as on the technogenic load.

Keywords: meiobenthos; nematodes; species diversity; Ukrainian part of the Danube mouth area.

References

1. Vorobyova L. V. (1999) *Meiobenthos of the Ukrainian shelf of the Black and Azov Seas* [Meyobentos ukrainskogo shelfa Chernogo i Azovskogo morey], Kiev: Nauk. Dumka, 300p.
2. Vorobyova L. V., Kulakova I. I. (1989) *Spatial-temporal variability of meiobenthos of the*

- Zhebryanskaya bay. Seaside ecosystem of the Ukrainian Danube Delta*. [Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost meybentosa Zhebriyanskoj bukhty. Ekosistema vzmorya Ukrainskoj delty Dunaya], Odessa: Astropoint, pp. 238–249.
3. Vorobyova L. V. Kulakova I. I. Garlitskaya L. A. (2012) *Meiobenthos of the Ukrainian part of the Danube coast in the conditions of the construction of the ship channel* [Meyobentos ukrainskoj chasti Dunayskogo vzmorya v usloviyakh stroitelstva sudovogo kanala], Morsk. ecol. journal, XI, 3, pp. 33–40.
 4. Ivanega I. G. (1978) *Composition and distribution features of nematodes in the water bodies of the Kiliya Danube Delta* [Sostav i osobennosti raspredeleniya nematod vodoemakh Kiliyskoj delty Dunaya], Zool. Journal, 57, 2, pp. 292–295.
 5. Kulakova I. I. (2006) *Free-living nematodes of the northwestern part of the Black Sea. In the book: Northwestern part of the Black Sea: biology and ecology* [Svobodnozhivushchie nematody severo-zapadnoy chasti Chernogo morya. V kn.: Severo-zapadnaya chast Chernogo morya: biologiya i ekologiya], Kiev: Nauk. dumka, 2006, 6, pp. 254–260.
 6. Kulakova I. I. (2015) *Comparative assessment of the taxonomic diversity of free-living nematodes of the estuarine estuary of the Ukrainian part of the Danube Delta* [Sravnitel'naya otsenka taksonomicheskogo raznoobraziya svobodnozhivushchikh nematod ustevogo vzmorya ukrainskoj chasti delty Dunaya], Materialy VII z'yizdu Hidroekologichnogo tovary'stva (5-8 zhovtnya, 2015r., m. Ky'yiv) Nauk. zap. Ternop. nacz. un-tu. Ser. Biol., 3-4, (64), pp. 372–375.
 7. Lebedeva N. V., Krivolutskiy D. A. (2002) *Biological diversity and methods for its assessment // In: Geography and monitoring of biodiversity* [Biologicheskoe raznoobrazie i metody ego otsenki // V kn.: Geografiya i monitoring bioraznoobraziya], Koll. Avtorov, M.: Izdatel'stvo Nauchnogo i uchebno-metodicheskogo tsentra, I, 5, 432 p.
 8. Mokievsky V. O. (2009) *Ecology of marine meiobenthos* [Ekologiya morskogo meybentosa], M.: T-vo nauchnykh izdaniy KMK, 286 p.
 9. Mokievsky V. O., Kolbasova G. D., Pyataeva S. V., Tsetlin A. B. (20015) *Meiobenthos. Field Practice Guide* [Meyobentos. Metodicheskoe posobie po polevoy praktike], M.: T-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2015 199 p.
 10. Platonova T. A. (1968) *Class roundworms - Nematoda Rudolphi, 1808, Key to fauna of the Black and Azov Seas, I*. [Klass kruglye chervi - Nematoda Rudolphi, 1808. Opredelitel fauny Chernogo i Azovskogo morey], I. Kiev: Nauk. Dumka, pp. 111–183.
 11. Filipiev I. N. (1916) *Free-living nematodes of the collection of the Zoological Museum of the Imperial Academy of Sciences* [Svobodnozhivushchie nematody kollekcii zoologicheskogo muzeya imperatorskoj Akademii Nauk], Yezhegodn. zool. muz. imp. AN., 21, pp. 59–116.
 12. Filipiev I. N. (1918–1921) *Free-living sea nematodes of the vicinity of Sevastopol* [Svobodnozhivushchie morskije nematody okrestnostey Sevastopolya], Trudy Osoboy zoologicheskoy laboratorii i Sevastopolskoj biologicheskoy stantsii Rossiyskoj AN. Ser. 2, 4, (1, 2), 614 p.
 13. Filipiev I. N. (1922) *New data on free Black Sea nematodes* [Novye dannye o svobodnykh nematod Chernogo moray], Trudy Stavropol. s-kh. in-ta. – Stavropol, 1, 6, 181 p.
 14. Chesunov A. V. (2006) *Biology of Marine Nematodes* [Biologiya morskikh nematod], M.: T-vo nauchnykh idaniy KMK., pp. 327–329.
 15. Darwin Nematode Electronic Key Plymouth Marine Laboratory <https://darwin-nematode-key.software.informer.com/download/> (2020-01-17 accessed)
 16. Deprez T. et al. 2007. NeMys. <http://www.nemys.ugent.be/> (2019-11-21 accessed)
 17. Huling N. C., Gray J. S. (1971) *A Manual for the Study of Meiofauna*, Smit. Contr. Zool., 78, pp. 1–84.
 18. Muresan M. (2012) *Assessment of free-living marine nematodes community from the NW Romanian Black Sea shelf*, Geo-Eco-Marina, 18, pp. 133–145.
 19. Shannon C. E., Weaver W. (1963) *The mathematical theory of communication*, Urbana: Univ. of Illinois Press., 177 p.

20. Vorobyova L. V., Kulakova I. I. (2009) *Contemporary state of the meiobenthos in the western Black Sea* (translation from Russian V. I. Lisovskaya, PhD, OB IBSS senior research associate), Odessa, Astroprint, 126 p.
21. Wieser W. (1951) *Die Beziehung zwischen Mundhölungsgestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden Nematoden*, Ark. Zool., 2, 4 (5), pp. 439-484.

С. М. Снігірьов¹ к.б.н., в.н.с.,

В. В. Заморов¹ к.б.н., доцент,

Ю. В. Караванський¹,

В. З. Піцик¹ н.с.,

О. П. Куракін² м.н.с.,

О. М. Абакумов¹ м.н.с.,

П. В. Люмкіс¹,

П. М. Снігірьов¹,

Ю. В. Морозов¹,

Ю. В. Квач^{2,1} д.б.н. ст.н.с.,

Ю. К. Куцоконь³ к.б.н., ст.н.с.

¹ Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, 65082, Одеса, Україна; snigirev@te.net.ua

² Інститут морської біології НАН України,
вул. Пушкінська, 37, Одеса 65011, Україна;

³ Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України,
вул. Б. Хмельницького, 15, Київ, 01030, Україна

ТАКСОНОМІЧНА ТА ЕКОЛОГО-ФАУНІСТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНОЇ ІХТІОФАУНИ ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ, ДНІСТРОВСЬКОГО ПЕРЕДГІРЛОВОГО УЗМОР'Я І ПРИБЕРЕЖНИХ ВОД О. ЗМІЙНИЙ

Проведено інвентаризацію видових списків іхтіофауни Одеської затоки, Дністровського передгірлового узмор'я і прибережних вод о. Зміїний (північно-західна частина Чорного моря). За результатами багаторічних іхтіологічних виявлено: в Одеській затоці – 80 видів риб з 27 рядів, 37 родин, 63 родів; на прибережних ділянках Дністровського передгірлового простору – 64 види риб з 25 рядів, 35 родин, 56 родів; у прибережних водах о. Зміїний – 76 видів риб з 27 рядів, 40 родин, 63 родів. Показані структурні характеристики іхтіоценозів досліджуваних районів у порівняльному аспекті. Обговорюється динаміка видового складу іхтіофауни досліджуваних ділянок за багаторічний період, зміни умов існування риб у північно-західній частині Чорного моря, причини появи нових видів у районах досліджень, негативні наслідки впливу агресивних видів-вселенців.

Ключові слова: іхтіофауна; Одеська затока; Дністровське передгірлове узмор'я; о. Зміїний.

Історія іхтіологічних досліджень північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) і, зокрема, окремих її районів таких як Одеська затока, Дністровське передгірлове узмор'я, прибережні води біля о. Зміїний охоплює більш ніж півтора віковий період і пов'язана з іменами видатних вчених зоологів та іхтіологів XIX і XX століть: І. М. Відгальма, А. В. Яцентковського, П. Ю. Шмідта, О. І. Амброза, О. М. Попова, В. А. Кротова, Д. К. Третьякова, В. С. Чепурнова, М. С. Бурнашева, К. О. Виноградова, Ф. С. Замбриборща, Ю. П. Зайцева та багатьох інших відомих дослідників [3, 27].

У результаті цих досліджень накопичено значний масив історичних даних про видовий склад риб, структурні характеристики іхтіофауни, про стан промислових видів риб та динаміку їх запасу. Вивчено міграції основних промислових видів риб. Підготовлено цілий ряд наукових обґрунтувань і рекомендацій щодо раціонального використання основних рибних ресурсів Чорного моря. Проведено комплексні роботи з вивчення іхтіофауни в умовах посилення антропогенного навантаження. Виявлено негативні чинники, які призвели до різких змін видового списку риб і структури іхтіоценозів, значного скорочення рибних ресурсів найбільш продуктивної північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ). До основних з них прийнято відносити різке зростання евтрофікації всього Чорного моря і зміну водного режиму річок внаслідок зарегулювання їх стоку, що призвело до частіших, ширших та триваліших заморів на мілководному шельфі північно-західної частини моря [5, 18, 21, 22]; збільшення масштабів днопоглиблювальних робіт, видобування піску і стрімкого розвитку зон відпочинку [21]; забруднення морської води і ґрунтів біогенними елементами і різними токсичними речовинами; інтродукція і масовий розвиток в Чорному морі агресивних видів вселенців – реброплава *Mnemiopsis leidyi* А. Agassiz, 1865, хижого молюска рапани *Rapana venosa* Valenciennes, 1846, нитчастих водоростей роду *Desmarestia* і деяких інших [1, 21].

Наслідки негативного впливу цих факторів при зростаючих темпах антропогенного навантаження на біоценози моря і, особливо, на іхтіофауну, стають все більш масштабними і незворотними. Залишається дуже серйозним ризиком можливість появи нових агресивних видів вселенців [1]. У таких умовах дослідження стану екосистеми моря і окремих її компонентів, зокрема прибережних іхтіоценозів, не втрачають своєї актуальності та вкрай важливі для розробки і реалізації заходів для збереження і раціонального використання рибних ресурсів всього Чорного моря.

Враховуючи це, а також беручи до уваги міжнародні домовленості України щодо виконання Директив ЄС, які зобов'язують проведення моніторингових досліджень біорізноманіття і кількісних характеристик рибних угруповань, метою даної роботи стало узагальнення результатів багаторічних іхтіологічних досліджень, уточнення сучасних видових списків іхтіофауни прибережних ділянок Одеської затоки, Дністровського передгірлового простору, прибережних вод біля острова Зміїний.

Матеріал та методи досліджень

Дослідження здійснювали на трьох ділянках ПЗЧМ: у прибережній акваторії Одеської затоки в період з 1993 по 2020 рр., на прибережних ділянках Дністровського передгірлового простору – в 2017–2020 рр., біля о. Зміїний – з 2003 по 2020 рр. (рис. 1). Також використовували матеріали отримані у період 2018–2019 рр. при промислових тралових роботах у північно-західній частині Чорного моря біля вказаних вище районів.

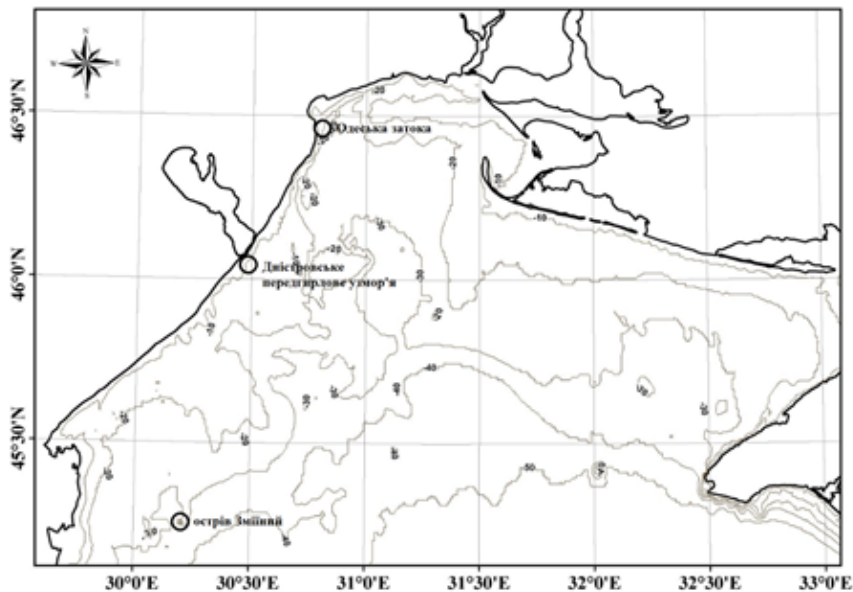


Рис. 1 Схема районів іхтіологічних досліджень

Рибу в Одеській затоці ловили донними зябровими сітками довжиною 10–75 м (розмір вічка 12–180 мм; віддалення від берега 200–500 м, глибина 4,5–14,5 м), у прибережних водах о. Зміїний – сітками довжиною 75–100 м (розмір вічка 16–120 мм; віддалення від берега до 500 м, глибина 1,5–14,5 м). Також відбір іхтіологічного матеріалу здійснювали з використанням різноманітних дрібновічкових пасток, ятерів та за допомогою дрібновічкової волокуші за стандартними методами [15, 19]. Під час досліджень в районі Дністровського передгірлового узмор'я проводили аналіз промислових уловів різноглибинних тралів довжиною 28–32 м (вічко 7–8 мм) і бім-тралів шириною 3–4 м (вічко 30–65 мм). У цей же час були проаналізовані промислові улови зябрових сіток (вічко 20–200 мм). Промислові роботи здійснювались на відстані 1,5–10 миль від берега на глибинах від 10 до 40 м.

У місцях лову риби всіх трьох районів проводили підводні спостереження з використанням легкого водолазного спорядження за методами [6, 17, 36]. Спо-

стереження здійснювали по транссектам орієнтованим перпендикулярно до берега від урізу води до глибини 15 м. Проведено узагальнення спостережень натуралістів, рибалок-аматорів та колег-іхтіологів із метою поповнення списку новими видами.

Для порівняння видових угруповань досліджених ділянок ПЗЧМ використано індекс Чекановського-Сьоренсена: $ICS = 2c/(a+b)$, де a – кількість видів на одній акваторії, b – кількість видів другої акваторії, c – кількість спільних видів.

Визначення видів риб проводили в польових умовах за визначниками [2, 16, 20, 34, 38, 39]. Систематику риб наведено за [40]. Таксони риб, зоогеографічне походження та їх латинські назви надані за [35], українські назви за [14].

Результати досліджень

Загалом виявлено 98 видів морських, солонуватоводних, прохідних і прісноводних риб, що належать до 28 рядів, 42 родин, 79 родів (табл. 1). Найбільш різноманітна іхтіофауна Одеської затоки, яка об'єднує 80 видів з 27 рядів, 37 родин, 63 родів і прибережних вод у о. Зміїний – 76 видів з 27 рядів, 40 родин, 63 родів. Видове різноманіття риб Дністровського передгірлового узмор'я в 1,2 рази менше – 64 види з 25 рядів, 35 родин, 56 родів.

Основу іхтіофауни всіх трьох районів складають види Понто-Каспійського, Бореально-Атлантичного, Атланти-Середземноморського та Середземноморського зоогеографічного походження (табл. 2). Понто-Каспійські види домінують в Одеській затоці та на Дністровському передгірловому просторі, складаючи 30,0 та 28,1% від загального числа видів відповідно. Біля о. Зміїний переважають види Атланти-Середземноморського походження – 27,7%. Більшість видів всіх трьох районів є власне морськими видами. В Одеській затоці їх 62,5%, на Дністровському передгірловому узмор'ї – 57,8%, у прибережних водах о. Зміїний – 63,2%. Риби цих прибережних ділянок моря переважно осілі (Одеська затока – 62,5%, Дністровське передгірлове узмор'я – 59,4%, прибережні води о. Зміїний – 67,1%), ведуть донний і придонний спосіб життя (Одеська затока – 80,0%, Дністровське передгірлове узмор'я – 79,7%, прибережні води о. Зміїний – 84,2%).

Обговорення результатів дослідження

Доповнений і перероблений відповідно до сучасної систематики видовий список риб всіх трьох районів досліджень об'єднує близько половини всіх відомих видів чорноморської іхтіофауни. Збільшення кількості спостережень, використання більш різноманітних знарядь лову і проведення візуальних підводних досліджень значно збільшує можливість виявлення не тільки рідкісних представників іхтіофауни, нових видів вселенців, але також і широко розповсюджених, проте, непромислових малорозмірних видів. Ці види живуть у важкодоступних місцях, де використання зябрових сіток, драг або тралів обмежене та малоефективне [17, 36].

Таблиця 1
Іхтіофауна Одеської затоки, Дністровського передгірлового узмор'я та прибережних вод о. Зміїний,
її еколого-фауністична характеристика і зоогеографічне походження та їх охоронний статус

Таксономічний склад риб	Еколого- фауністична характеристика	Зоогео- графічне походження	Охоронний статус	Охоронний статус (МСОП)	Одеська затока (1993- 2020 рр.)	Дністровське передгірлове узмор'я (2017- 2020 рр.)	Прибережні води о. Зміїний (2003- 2020 рр.)
1	2	3	4	5	6	7	8
SQUALIFORMES							
Squalidae							
1. Катран короткоперий <i>Squalus acanthias</i> Linnaeus, 1758	1; М; П; І; Яж	С6П		VU	++	++	++
RAJIFORMES							
Rajidae							
2. Морська лисиця <i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	1; М; Д; І+І; ЛПСф	БАт		NT	+	+	++
MYLIOBATIFORMES							
Dasyatidae							
3. Морський кіт <i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus, 1758)	1; М; Д; І+І; Яж	БАт		DD	++	++	++
ACIPENSERIFORMES							
Acipenseridae							
4. Севрюга <i>Acipenser stellatus</i> Pallas, 1771	3; М; ПД; І+І; Лф	ПК	ЧКУ, ЧКЧМ	CR	+	+	+
5. Стерлядь <i>Acipenser ruichenus</i> Linnaeus, 1758	4; О; ПД; І+І; Лф	ПК	ЧКУ	VU	-	+	-
6. Осетер руський <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt et Ratzeburg, 1833	3; М; ПД; І+І; Лф	ПК	ЧКУ, ЧКЧМ	CR	+	+	+

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
7. Білуга <i>Huso huso</i> (Linnaeus, 1758)	3; М; ПД; І; Лф	ПК	ЧКУ	CR	+	+	+
ANGUILLIFORMES							
Anguillidae							
8. Вугор європейський <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	4; М; ПД; І+П; Пф	БАг		CR	+	+	-
CLUPEIFORMES							
Clupeidae							
9. Оселедець чорноморський <i>Alosa immaculata</i> Bennett, 1835	2; М; П; І+П; Пф	ПК	Res6	VU	++	++	-
10. Оселедець керченський <i>Alosa taurica</i> (Grimm, 1901)	2; М; П; І+П; Пф	ПК	Res6	LC	+	-	++
11. Пузанок азовський <i>Alosa tanaica</i> (Grimm, 1901)	2; М; П; П; Пф	ПК	Res6	LC	++	-	-
12. Тюлька звичайна <i>Clupeonella cultriventris</i> (Nordmann, 1840)	2; М; П; П; Пф	ПК	ЧКЧМ	LC	+	++	-
13. Шпрот європейський <i>Sprattus sprattus</i> (Linnaeus, 1758)	1; М; П; П; Пф	БАг		LC	++	++	++
Engraulidae							
14. Анчоус європейський <i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	1; М; П; П; Пф	Баг		LC	++	++	++
CYPRINIFORMES							
Cyprinidae							
15. Карась сріблястий <i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	4; О; ПД; П; Фф	Саз		NE	+	+	+
16. Короп звичайний <i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	4; М; ПД; П; Фф	ПК		VU	-	+	+

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8
17. Чебачок амурський <i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	4; O; Д; II+III; Бг	Саз		LC	-	+	-
18. Товстолобик білий <i>Hyporhamphichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1846)	4; M; П; III; Пф	Саз		NT	-	-	+
19. Плітка звичайна <i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	4; O; ПД; II+V; Фф	ЄС		LC	+	+	+
20. Тараня <i>Rutilus heckelii</i> (Nordmann, 1840)	2; M; ПД; II+V; Фф	ПК		LC	+	-	-
Cobitidae							
21. В'юн звичайний <i>Misgurnus fossilis</i> (L., 1758)	4; O; Д; II; Фф	ЄС	Res6	LC	-	-	+
SILURIFORMES							
Siluridae							
22. Сом звичайний <i>Silurus glanis</i> L., 1758	4; O; Д; I; Бг	ЄС		LC	-	-	+
SALMONIFORMES							
Salmonidae							
23. Лосось чорноморський <i>Salmo labrax</i> Pallas, 1814	3; M; П; I+II; Лф	ПК	ЧКЧМ	LC	++	+	+
GADIFORMES							
Gadidae							
24. Мерланг <i>Merlangius merlangus</i> (Linnaeus, 1758)	1; M; ПД; I; Пф	БАг		LC	++	++	++
25. Минь середземноморський <i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	1; O; Д; I+II; Пф	АгС		NE	++	+	++

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
OPHIDIIFORMES							
Ophidiidae							
26. Опибень звичайний <i>Ophidion rochei</i> Müller, 1845	1; O; Д; П+I; Пф	СМ		DD	+	++	++
GOBIESOCIFORMES							
Gobiesocidae							
27. Рибка-качка товсторила <i>Lepadogaster candollei</i> Risso, 1810	1; O; Д; П; Бг	АтС	ЧКУ	LC	+	-	++
28. Рибка-качка двоплямиста <i>Diplecogaster bimaculata</i> (Bonnaterre, 1788)	1; O; Д; П; Бг	АтС	ЧКУ	LC	+	+	+
ATHERINIFORMES							
Atherinidae							
29. Атерина піщана <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	1; M; П; III; Фф	АтС		LC	++	++	++
BELONIFORMES							
Belonidae							
30. Сарган чорноморський <i>Belone euxini</i> Günther, 1866	2; M; П; I; Фф	ПК	ЧКЧМ	NE	+	++	++
SYNGNATHIFORMES							
Syngnathidae							
31. Іглиця північна <i>Nerophis ophidion</i> (L., 1758)	1; O; ПД; III+II; Вн	БАт		LC	+	+	+
32. Іглиця пухлощока <i>Syngnathus abaster</i> Risso, 1827	2; O; ПД; III+II; Вн	АтС	ЧКЧМ	DD	+	++	+
33. Іглиця звичайна <i>Syngnathus acus</i> L., 1758	1; O; ПД; III+II; Вн	АтС		LC	-	-	+

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8
34. Іглиця тонкоріла <i>Syngnathus tenuirostris</i> Rathke, 1837	1; О; ПД; III+II; Вн	СМ		DD	+	-	+
35. Іглиця довгорила <i>Syngnathus typhle</i> Linnaeus, 1758	1; О; ПД; III+II; Вн	БАГ	ЧКУ, ЧКЧМ	LC	+	+	+
36. Іглиця товсторила <i>Syngnathus variegatus</i> Pallas, 1814	2; О; ПД; III+II; Вн	ПК	ЧКУ	DD	+	+	+
37. Морський коник довгорилий <i>Hippocampus gutturalis</i> Cuvier, 1829	1; О; ПД; III+II; Вн	БАГ	ЧКУ, ЧКЧМ	DD	++	++	++
SCORPENIFORMES							
Scorpaenidae							
38. Скорпена звичайна <i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758	1; О; Д; I+II; (ЛФ) Пф	АГС	ЧКЧМ	LC	++	++	++
Triglidae							
39. Тригла жовта <i>Chelidonichthys lucernus</i> (L., 1758)	1; О; Д; II+I; Пф	АГС	ЧКУ, ЧКЧМ	LC	+	+	+
Gasterosteidae							
40. Коліска триголкова <i>Gasterosteus aculeatus</i> L., 1758	2; М; ПД; II; Бг	ЦБ		LC	+	+	+
41. Коліска південна <i>Pungitius platygaster</i> (Kessler, 1859)	2; О; ПД; II; Бг	ПК	ЧКЧМ	LC	+	+	-
PERCIFORMES							
Serranidae							
42. Пильчак кам'яний <i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	1; М; ПД; I+II; Пф	СМ		LC	+	-	-
Centrarchidae							
43. Сонячний окунь звичайний <i>Lepomis gibbosus</i> (L., 1758)	4; О; ПД; II; Бг	НАР		LC	-	+	+

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Percidae							
44. Окунь звичайний <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	4; М; ПД; І; Фф	ПАР		LC	-	-	+
45. Судак звичайний <i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	4; М; ПД; І; Бг	ЄС		LC	+	+	+
Pomatidae							
46. Луфар <i>Pomatotus saltatrix</i> (Linnaeus, 1766)	1; М; П; І+П; Пф	КТ		VU	++	++	++
Mullidae							
47. Барабуля звичайна <i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	1; О; Д; П; Пф	БАг	ЧКЧМ	LC	++	++	++
Pomacentridae							
48. Хроміс звичайний <i>Chromis chromis</i> (L., 1758)	1; О; ПД; V+П; Бг	АгС	ЧКУ	LC	-	-	+
CARANGIFORMES							
Carangidae							
49. Жовтохвіст великий <i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	1; О; П; Ш; Пф	КТ		LC	+	-	-
50. Ставрида середземноморська <i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	1; М; П; І; Пф	АгС		LC	++	++	++
SPARIFORMES							
Sparidae							
51. Ласкун <i>Diplodus annularis</i> (L., 1758)	1; О; ПД; П+ V; Пф	АгС	ЧКЧМ	LC	-	-	+
52. Зубарик <i>Diplodus puntazzo</i> (Cetti, 1777)	1; О; ПД; П; Пф	АгС	ЧКУ	LC	-	-	+

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8
53. Смарида звичайна <i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	1; O; ПД; П; Бг	АтС	ЧКЧМ	LC	+	-	+
ACANTHURIFORMES							
Sciaenidae							
54. Горбань темний <i>Sciaena umbra</i> L., 1758	1; O; ПД; П+I; Пф	АтС	ЧКУ	NT	+	-	+
55. Горбань світлий <i>Umbrina cirrosa</i> (Linnaeus, 1758)	1; O; ПД; П+I; Пф	АтС	ЧКУ	VU	-	-	+
MUGILIFORMES							
Mugilidae							
56. Лобань <i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	1; M; ПД; IV; Пф	ЦТ		LC	+	+	+
57. Піленгас <i>Planiliza haematocheila</i> (Temminck & Schlegel, 1845)	2; M; П (ПД); IV; Пф	СА3		NE	+	++	++
58. Синтіль <i>Chelon auratus</i> (Risso, 1810)	1; M; ПД (ПД); IV Пф	АтС		LC	++	++	++
59. Гостроніс <i>Chelon saliens</i> (Risso, 1810)	1; M; П; IV; Пф	СМ		LC	+	+	-
LABRIFORMES							
Labridae							
60. Губань-скельник <i>Stenolabrus rupestris</i> (L., 1758)	1; M; ПД; П; Пф	БАт		LC	+	-	-
61. Зеленоушка-орябок <i>Symphodus cinereus</i> (Bonnatere, 1788)	1; O; ПД; П; Бг	СМ		LC	++	++	++
62. Зеленоушка плямиста <i>Symphodus ocellatus</i> (Forsk., 1775)	1; O; ПД; П; Бг	СМ		LC	+	+	++

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
63. Зеленушка-перепілка <i>Symphodus roissali</i> (Risso, 1810)	1; O; ПД; II; Бг	СМ	ЧКЧМ	LC	+	-	-
64. Зеленушка-рулена <i>Symphodus tinca</i> (L., 1758)	1; O; ПД; II; Бг	СМ	ЧКЧМ	LC	+	-	+
TRACHINIFORMES							
Ammodytidae							
65. Піскорий голий <i>Gymnammodytes cicerellus</i> (Rafinesque, 1810)	1; O; ПД; III; Псф	АтС		LC	++	++	++
Trachinidae							
66. Дракончик великий <i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	1; O; Д; II+I; Пф	БАт	ЧКЧМ	LC	+	+	++
Uranoscopidae							
67. Зіркогляд звичайний <i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	1; O; Д; I+II; Пф	АтС	ЧКЧМ	LC	++	+	++
BLENNIIFORMES							
Blennidae							
68. Собачка-сфінкс <i>Aidablennius sphynx</i> (Valenciennes, 1836)	1; O; Д; II+V; Бг	СМ		LC	+	+	++
69. Собачка чубатий <i>Coryphoblennius galerita</i> (Linnaeus, 1758)	1; O; Д; II; Бг	АтС	ЧКЧМ	LC	+	-	+
70. Собачка звичайний <i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)	1; O; Д; V+II; Бг	СМ	ЧКЧМ	LC	+	-	++
71. Собачка щупальцевий <i>Parablennius tentacularis</i> (Brünnich, 1768)	1; O; Д; II; Бг	АтС		LC	+	+	++

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8
72. Собачка Звонимира <i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatovic, 1892)	1; O; Д; V; Бг	СМ		LC	+	+	+
73. Собачка-павич <i>Salapia pavo</i> (Risso, 1810)	1; O; Д; II+V; Бг	СМ		LC	-	-	+
CALLIONYMIFORMES							
Callionymidae							
74. Піскарка мала <i>Callionymus</i> <i>risso</i> Lesueur, 1814	1; O; Д; III; Пф	СМ	ЧКУ, ЧКЧМ	LC	+	++	+
Gobiiformes							
Gobiidae							
75. Бичок прозорий <i>Aphia minuta</i> (Risso, 1810)	1; M; П; III; Фф	БАг		NE	++	++	++
76. Пуголовка гола <i>Benthophilus</i> <i>nidus</i> (Berg, 1898)	2; O; Д; II; Бг	ПК		LC	-	+	+
77. Пуголовка Браунера <i>Benthophiloides braueri</i> Beling et Pijin, 1927	2; O; Д; II; ЛПСф	ПК		DD	+	-	-
78. Бичок смугастий <i>Chromogobius</i> <i>quadrivittatus</i> (Steindachner, 1863)*	1; O; Д; II; Бг	СМ		LC	+	-	-
79. Бичок чорний <i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	1; O; Д; II; Бг	БАг	ЧКЧМ	LC	++	++	++
80. Бичок скельний <i>Gobius</i> <i>paganellus</i> Linnaeus, 1758	2; O; Д; II; Бг	АгС		LC	-	-	+
81. Кніпови́чя кавказька <i>Knipowitschia caucasica</i> (Berg, 1916)	2; O; ПД; II+III; Бг	СМ		LC	+	-	-
82. Бичок жаботоловий <i>Mesogobius</i> <i>batrachosephalus</i> (Pallas, 1814)	2; O; Д; I; Бг	ПК	ЧКЧМ	LC	++	++	++

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
83. Бичок-бабка <i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814)	2; О; Д; II; Бг	ПК	ЧКЧМ	LC	+	++	+
84. Бичок-кругляк <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814)	2; О; Д; III; Бг	ПК		LC	++	++	++
85. Бичок Пінчука <i>Ponticola cerphalargoides</i> Pinchuk, 1976	2; О; Д; III; Бг	ПК		LC	++	-	+
86. Бичок рудий <i>Ponticola euryscephalus</i> (Kessler, 1874)	2; О; Д; II; Бг	ПК		LC	+	-	-
87. Бичок-губань <i>Ponticola platyrostris</i> (Pallas, 1814)	2; О; Д; II; Бг	ПК		LC	+	-	-
88. Бичок кам'яний <i>Ponticola ratan</i> (Nordman, 1840)	2; О; Д; III; Бг	ПК		NE	++	+	++
89. Бичок-гонець <i>Babka gymnotrachelus</i> (Kessler, 1857)	2; О; Д; II; Бг	ПК	ЧКЧМ	LC	+	+	-
90. Лисун мармуровий <i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	1; О; Д; II+III; Бг	СМ		LC	+	++	-
91. Лисун малий <i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)	1; О; Д; II+III; Бг	БАг	ЧКЧМ	LC	+	-	-
92. Бичок-цуцик морський <i>Proterorhinus marmoratus</i> (Pallas, 1814)	2; О; Д; III; Бг	ПК	ЧКЧМ	LC	+	-	+
93. Бичок-зеленчак <i>Zosterisessor ophiocephalus</i> (Pallas, 1814)	1; О; Д; I+II; Бг	СМ		LC	+	+	-
SCOMBRIFORMES							
Scombridae							
94. Пеламіда атлантична <i>Sarda sarda</i> (Bloch, 1793)	1; М; П; I; Пф	АТ	ЧКЧМ	LC	+	+	+

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
PLEURONECTIFORMES							
Scophthalmidae							
95. Калкан чорноморський <i>Scophthalmus maeoticus</i> (Pallas, 1814)	1; O; Д; І; Пф	ПК		NE	++	++	++
Bothidae							
96. Арноглось Кесслера <i>Arnoglossus kessleri</i> Schmidt, 1915	1; O; Д; П; Пф	СМ	ЧКУ	DD	–	–	+
Pleuronectidae							
97. Глось <i>Platichthys flesus</i> (Pallas, 1814)	2; O; Д; П; Пф	БАг		LC	++	++	+
Soleidae							
98. Морський язик піщаний <i>Pegusa lascaris</i> (Risso, 1810)	1; O; Д; П; Пф; Ч ₂	АТ	ЧКЧМ	LC	++	++	+
Усього видів					80	64	76

Примітка: «–» – вид не траплявся, «+» – рідкісні види, «++» – звичайні та чисельні види; 1 – власне морські, 2 – солонуватоводні, 3 – проходні; 4 – прісноводні і напівпрісолодні; О – ослі, М – мігруючі; П – пелагічні, Д – донні, ПД – придонні; І – хижі, П – бентофаги, III – планктофаги, IV – детритофаги, V – фітофаги; Пф – пелагофіли, Фф – фітофіли, Лф – літофіли, Псф – псаммофіли, ЛПсф – літопсаммофіли; Вн – виношують ікру, Яж – яйцеживородні, Бг – будують гніздо і охороняють ікру. Зоогеографічне походження: СБП – Субполярний, БАг – Бореально-Атлантичний, ПК – Понто-Каспійський, САЗ – Східно-Азійський, ЕС – Європейсько-Сибірський, АтС – Атлантико-Середземноморський, СМ – Середземноморський, ЦБ – Циркумбореальний, ЦТ – Циркумтропічний, НАР – Неарктичний, ПАР – Палеарктичний, КТ – Космополіт, АТ – Атлантичний. Охоронний статус: ЧКУ – Червона книга України [30], ЧКЧМ – Червона книга Чорного моря [33], Res6 – Резолюція 6 Бернської конвенції; категорії Червоного списку МСОП [37]: CR – Перебуває під критичною загрозою (Critically Endangered), EN – Перебуває під загрозою (Endangered), VU – Уразливий (Vulnerable), NT – Близький до загрозливого стану (Near Threatened), LC – У найменшій загрозі (Least Concern), DD – Відомості недостатні (Data Deficient), NE – Види з недослідженим статусом (Not Evaluated). * – за даними [4]

Бідніше видове різноманіття риб Дністровського передгірлового узмор'я, у порівнянні з Одеською затокою та о. Зміїний, може бути пояснене меншим вивченням цього району. Моніторингові іхтіологічні роботи тут проводяться тільки останні 4 роки [25], на відміну від Одеської затоки, де постійні дослідження охоплюють довший період з 1993 по 2020 рік – 28 років [4, 9–11, 13, 26, 31], а також прибережних вод біля о. Зміїний (2003–2020 рр.) – 18 років [8, 18, 23, 24, 41, 43].

На початку та в середині минулого XX століття у прибережних водах акваторії Одеської затоки спостерігали ще 7 видів риб: сардину *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) [7], коропа звичайного *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) [7, 12, 32], чехоню *Pelecus cultratus* (Linnaeus, 1758) [7, 12, 31], піскарку буру *Callionymus pusillus* (Delaroche, 1809) [12, 32], бичка-голованя *Ponticola kessleri* (Günther, 1861) [12, 32], бичка-сурмана *Ponticola syrman* (Nordmann, 1840) [7, 12, 32] та скумбрію атлантичну *Scomber scombrus* Linnaeus, 1758 [12, 32]. У 1979 р. в Одеській затоці був відзначений довгопер *Dactylopterus volitans* (Linnaeus, 1758) [16]. Прісноводних риб та скумбрію атлантичну *Scomber scombrus* Linnaeus, 1758 спостерігали раніше також і на Дністровському передгірловому узмор'ї [28, 29]. Всього тут відмічено 94 види риб, включаючи 31 вид прісноводних та 18 видів солонуватоводних [28]. В умовах зарегулювання р. Дністер і р. Дніпро, зниження їх річного стоку, прісноводні види з 70–80-их років стали зустрічатися на прибережних морських ділянках північно-західній частині Чорного моря значно рідше і в суттєво меншій кількості. В цей час майже перестала траплятися скумбрія через збільшення рівня забруднення північно-західної частини моря. Історичні дані щодо іхтіофауни прибережних вод о. Зміїний уривчасті та не дають цілісної картини, що ускладнює аналіз довгострокових змін складу іхтіофауни [18]. Зазначені раніше бичок скельний *Neogobius cephalargus cephalargus* (Pallas, 1814) (2 екземпляри) [8] був перевизначений співробітниками Національного науково-природничого музею НАН України (ННПМ) у 2006 р. до виду *Ponticola ratan* (Nordman, 1840). Пуголовку зірчасту *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874) [41] перевизначено до виду пуголовка гола *Benthophilus nudus* (Berg, 1898) відповідно до уявлень сучасної таксономії [35]. Особливо слід відмітити появу нових для районів досліджень видів риб – жовтохвоста великого і губана-скельника в Одеській затоці, зубарика біля о. Зміїний, собачки чубатого та зеленушки-рулени в обох цих районах (табл. 1). Ці теплолюбні види очевидно проникають в холодніші північні частини моря в умовах змін клімату, підтверджуючи раніше зроблені висновки [21] про триваючу медітерранізацію Чорного моря.

Дуже цікавими є не тільки якісні зміни видового складу, але також і зміни відносної чисельності масових видів риб на прибережних ділянках північно-західної частині Чорного моря. Якщо раніше в уловах донних знарядь лову в Одеській затоці та біля о. Зміїний домінували бичкові, в першу чергу бичок-кругляк, то в даний час переважає більш теплолюбна скорпена, що також

може свідчити про трансформацію іхтіоценозів в умовах змін клімату. З іншого боку, динаміка якісних та кількісних показників іхтіофауни є прямим наслідком негативного впливу агресивних видів вселенців [1, 5, 21]. Так зниження чисельності моллюскоїдного бичка-кругляка може бути пов'язаним з поширенням його трофічного конкурента хижого моллюска рапани у північно-західній частині моря [42]. Пелагічні личинки пізньонерестуючої скорпени знаходяться у вигідніших умовах за кількістю та різноманіттям кормового зоопланктону, в той час як личинки ранньонерестуючих бичків гірше забезпечені кормом при ранньому розвитку реброплава мнеміопсиса, який останнім часом зміг адаптуватися до нижчих температур. Чисельність бичків, які охороняють кладку, ймовірно, могла скоротитися в умовах скупчення гниючих залишків десмарестії на нерестовищах. Нерідко у весняний період на дні прибережних ділянок моря спостерігається "суцільний килим" залишків таломів цих водоростей, що розвиваються взимку. Вони можуть забивати "гнізда" бичків та інших риб, тим самим знижуючи ефективність їх нересту. Незважаючи на свою очевидність, всі ці припущення вимагають більш детальних комплексних екологічних досліджень для виявлення чіткої достовірної залежності.

На досліджених ділянках за способом розмноження домінують пелагофіли та види, що будують «гнізда» і охороняють ікру, а за трофічним статусом – бентофаги та види зі змішаним типом живлення. Інші групи риб Одеської затоки, Дністровського передгірлового узмор'я та прибережних вод о. Зміїний представлені меншою кількістю видів (табл. 2).

Вважається, що такий розподіл видів у структурі іхтіоценозів прибережних районів північно-західної частини Чорного моря є закономірним [5].

Близько третини знайдених на всіх трьох ділянках видів риб мають охоронний статус. До переліку «Червоної книги України» (2009) з 80 видів риб Одеської затоки занесено 13 (16,3 %), з 64 видів Дністровського узмор'я – 11 (17,2 %), з 76 видів прибережних вод о. Зміїний – 18 (23,7 %). У списках «Червоної книги Чорного моря» 28 видів риб (35,0% всіх видів) Одеської затоки, 21 вид (32,8 %) Дністровського узмор'я, 24 (31,6 %) о. Зміїний. По 9 видів Одеської затоки та о. Зміїний, а також 10 видів Дністровського узмор'я мають охоронну категорію Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи (табл. 1). Виходячи з цього, необхідно відзначити важливість прибережних вод о. Зміїний, де на невеликій за площею акваторії зосереджена найбільша кількість рідкісних видів. Саме цей прибережний район моря в північно-західній його частині меншою мірою піддається негативному антропогенному впливу і може бути джерелом розселення рідкісних видів риб по всьому Чорному морю.

За результатами аналізу найбільш схожі іхтіофауна Одеської затоки та Дністровського узмор'я – ІС на видовому рівні для іхтіофауни цих районів складає 80,6 %. Ступінь подібності видового складу іхтіофаун Дністровського узмор'я та прибережних вод о. Зміїний менша – 77,1 %. Ще менша подібність іхтіофаун Одеської затоки та прибережних вод о. Зміїний – 76,9%.

Таблиця 2

Зоогеографічне походження та еколого-фауністична характеристика іхтіофауни (відносна частка груп (%) від загальної чисельності (n) видів) Одеської затоки, Дністровського передгірлового узмор'я та прибережних вод о. Зміїний

Еколого-фауністична характеристика	Одеська затока (1993-2020 рр.)		Дністровське узмор'я (2017-2020 рр.)		Прибережні води о. Зміїний (2003-2020 рр.)	
	n	%	n	%	n	%
1	2	3	4	5	6	7
Зоогеографічне походження						
Субполярний	1	1,2	1	1,6	1	1,3
Бореально-Атлантичний	16	20,1	14	21,8	13	17,1
Понто-Каспійський	24	30,0	18	28,1	16	21,1
Східно-Азійський	2	2,5	3	4,7	3	3,9
Європейсько-Сибірський	1	1,2	2	3,1	4	5,3
Атлантико-Середземноморський	15	18,8	11	17,2	21	27,7
Середземноморський	15	18,8	9	14,0	11	14,5
Циркумбореальний	1	1,2	1	1,6	1	1,3
Циркумтропічний	1	1,2	1	1,6	1	1,3
Неарктичний	-	-	1	1,6	1	1,3
Палеарктичний	-	-	-	-	1	1,3
Космополіт	2	2,5	1	1,6	1	1,3
Атлантичний	2	2,5	2	3,1	2	2,6
Всього:	80	100	64	100	76	100
Екологічні групи за місцем існування						
Власне морські	50	62,5	37	57,8	48	63,2
Солонуватоводні	23	28,8	15	23,4	15	19,7
Прохідні	4	5,0	4	6,3	4	5,3
Прісноводні та напівпрісноводні	3	3,7	8	12,5	9	11,8
Всього:	80	100	64	100	76	100
Міграції						
Мігруючі	30	37,5	26	40,6	25	32,9
Осілі	50	62,5	38	59,4	51	67,1
Всього:	80	100	64	100	76	100
Екотипи за місцем існування						
Донні	35	43,8	27	42,2	33	43,4
Придонні	29	36,2	24	37,5	31	40,8

Продовження табл.2

1	2	3	4	5	6	7
Пелагічні	16	20,0	13	20,3	12	15,8
Всього:	80	100	64	100	76	100
Екотипи за способом розмноження						
Пелагофіли	30	37,5	24	37,4	27	35,5
Будують гніздо і охороняють ікру	30	37,5	20	31,3	26	34,2
Фітофіли	5	6,2	6	9,4	8	10,6
Літофіли	4	5,0	5	7,8	4	5,3
Псаммофіли	1	1,3	1	1,6	1	1,3
Літопсаммофіли	2	2,5	1	1,6	1	1,3
Яйцеживородні	2	2,5	2	3,1	2	2,6
Виношують ікру	6	7,5	5	7,8	7	9,2
Всього:	80	100,0	64	100	76	100
Трофічний статус						
Хижі	9	11,2	9	14,1	11	14,6
Бентофаги	23	28,8	16	25,0	22	28,9
Планктофаги	13	16,3	9	14,1	11	14,5
Детритофаги	4	5,0	4	6,2	3	3,9
Фітофаги	1	1,2	1	1,6	1	1,3
Змішаний тип живлення	30	37,0	25	39,0	28	36,8
Всього:	80	100	64	100	76	100

Порівняльний аналіз таксономічного складу представлених найбільшою різноманітністю родин наведено на рисунку 2.

Найбільше видів з родини *Gobiidae* у Одеській затоці. І це, мабуть, найзначніша відмінність іхтіофаун трьох районів дослідження. Всі три райони мають певну схожість умов існування риб, що багато в чому визначає їх фауністичну подібність.

Всі три райони більшою чи меншою мірою схильні до розпріснення в умовах стоку великих річок: Дніпра, Дністра і Дунаю, представлені практично однаковою різноманітністю біотопів. Це сприяє формуванню однотипних іхтіоценозів. Тому є підстави припустити, що сучасна іхтіофауна північно-західної частини Чорного моря може нараховувати близько 100 видів риб з 28 рядів. У разі проникнення і розселення нових видів-вселенців, скочування прісноводних риб до пригирлових морських ділянок число видів риб може збільшуватися. Наприклад, цілком очікуваним може бути виявлення на прибережних морських ділянках таких прісноводних видів як чехоні *Pelecus cultratus* (Linnaeus, 1758), рибаця звичайного *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758), ляща *Abramis*

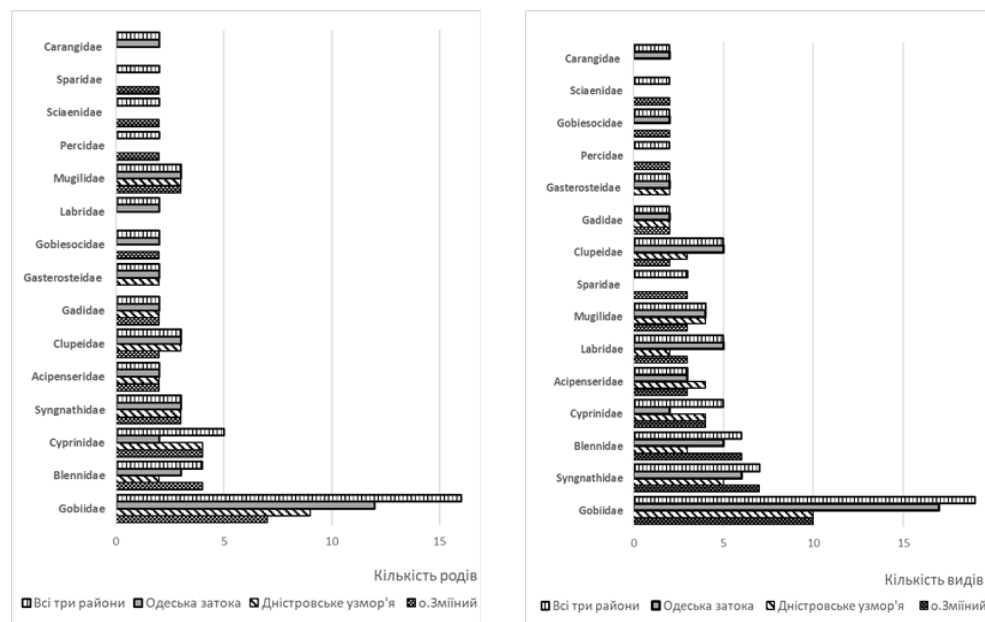


Рис. 2 Таксономічний склад родин з найбільшою різноманітністю родів та видів трьох районів іхтіологічних досліджень

brama (Linnaeus, 1758) та деяких інших, толерантних до перепадів солоності видів. З іншого боку є вірогідною поява в північно-західній частині Чорного моря різноманітних морських, насамперед, середземноморських риб, наприклад: зубана звичайного *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758), сальпи *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), морської собачки *Parablennius incognitus* (Bath, 1968), бичків *Chromogobius zebratus* Kolombatovic, 1891, *Gobius cruentatus* Gmelin, 1789, *Zebrus zebrus* (Risso, 1826) та інших видів, які здатні адаптуватися до більш низьких температур води.

Висновки

1. Загалом на досліджених прибережних ділянках виявлено 98 видів морських, солонуватоводних, прохідних і прісноводних риб, що належать до 28 рядів, 42 родин, 79 родів. Іхтіофауна Одеської затоки нараховує 80 видів з 27 рядів, 37 родин, 63 родів; прибережних вод о. Зміїнний – 76 видів з 27 рядів, 40 родин, 63 родів; Дністровського передгірлового узмор'я – 64 види з 25 рядів, 35 родин, 56 родів.

2. Основу іхтіофауни всіх трьох районів складають види Понто-Каспійського, Бореально-Атлантичного, Атланти-Середземноморського та Середземноморського зоогеографічного походження. Більшість видів усіх трьох районів є власне морськими видами, переважно осілими, що ведуть донний і придонний спосіб життя. За способом розмноження домінують пелагофіли та види,

що будують «гнізда» і охороняють ікру, а за трофічним статусом – бентофаги та види зі змішаним типом живлення.

3. Близько третини знайдених на всіх трьох ділянках видів риб мають охоронний статус. До переліку «Червоної книги України» (2009) в Одеській затоці занесено 13 (16,3 %) видів риб, в Дністровському узмор'ї – 11 (17,2 %), біля о. Зміїний – 18 (23,7 %) видів риб. У списках «Червоної книги Чорного моря» 28 видів риб (35,0 %) Одеської затоки, 21 вид (32,8 %) Дністровського узмор'я, 24 (31,6 %) о. Зміїний. 9 видів риб з Одеської затоки, 9 видів з о. Зміїний, та 10 видів Дністровського узмор'я мають охоронну категорію МСОП.

4. Ступінь подібності видового складу іхтіофаун Одеської затоки та Дністровського узмор'я – ICS на видовому рівні складає 80,6 %, іхтіофаун Дністровського узмор'я та прибережних вод о. Зміїний – 77,1 %, іхтіофаун Одеської затоки та прибережних вод о. Зміїний – 76,9 %.

Подяки

Роботи проводили в рамках НДР МОН України за підтримки міжнародних проєктів: ENVIROGRIDS, PERSEUS, EMBLAS та EMBLAS phase II, а також під час реалізації міжнародного проєкту GFCM (General Fisheries Commission of Mediterranean) "Select activitie Discard monitoring programme та проєкту НФДУ 2020.02/0171. Автори висловлюють щирі подяки науковим співробітникам та колегам-іхтіологам С. Г. Бушуєву, С. С. Кудряшову, Б. С. Гулаку, О. К. Чащіну, О. Л. Фіногенову; співробітникам Гідробіологічної станції та Базис-стоянки маломірних суден Одеського національного університету імені І. І. Мечникова; судновласникам, капітанам та екіпажам риболовецьких суден: РШ "Надія", ПТР "Антей", ПТР "Гріголеті", СЧС "Овідій", "АРГО 9" та "АРГО 7", а також суден ЯХР 0641, ЯОД 2405, ЯДП 0494, без допомоги яких неможливо було б зібрати повні сучасні дані.

Стаття надійшла до редакції 16.10.2020

Список використаної літератури

1. Александров Б. Г. Проблема переноса водных организмов судами и некоторые подходы к оценке риска новых инвазий / Б.Г. Александров // Морський екол. журнал. – 2004. – Т. 3, № 1. – С. 5-17.
2. Васильева Е.Д. Рыбы черного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригаллиных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С. В. Богородским / Е.Д. Васильева. – М.: изд-во ВНИРО, 2007. – 238 с.
3. Виноградов К. А. Очерки по истории отечественных гидробиологических исследований на Черном море / К.А. Виноградов. – К.: Изд-во АН УССР, 1958. – 155 с.
4. Виноградов А. К. Ихтиофауна Одесского региона северо-западной части Черного моря (биологические, экологические, эколого-морфологические особенности) / А. К. Виноградов, С. А. Хуторной. – Одесса: «Астропринт», 2013. – 224 с.
5. Виноградов А. К. Экологические закономерности распределения морской прибрежной ихтиофауны (Черноморско-Азовский бассейн) / А. К. Виноградов, Ю. И. Богатова,

- И. А. Синегуб, С. А. Хуторной; [отв. ред. Л.В. Воробьева]. – Одеса: Астропринт, 2017. – 416 с.
6. Гетьман Т. П. Визуальные подводные наблюдения при оценке качественно-количественных показателей ихтиоценоза / Т. П. Гетьман // *Экология моря*. – 2007. Отдельный вып. 74. – С. 13-17.
7. Замбриборщ Ф. С. Рыбы Одесского залива в прошлом и настоящем / Ф. С. Замбриборщ, М. А. Винникова, В.В. Заморов // *Научные труды Зоол. музея Одесского государственного ун-та*. – 1995. – 2. – С. 19-26.
8. Заморов В. В. Демерсальные рыбы прибрежной зоны острова Змеиный / В.В. Заморов, С.М. Снигирев, А.П. Куракин, Ю.Н. Олейник // *Вісник Одеського національного університету*. – 2005. – Т. 10, вип. 4. *Екологія*. – С. 236-243.
9. Заморов В. В. Динамика сетных уловов бычковых рыб (Gobiidae) в прибрежной зоне Одесского залива / В.В. Заморов, С.Ю. Черникова, Ю.В. Караванский, Е.Ю. Леончик // *Наукові записки ТНПУ імені Володимира Гнатюка. Біологія. Спеціальний випуск: Гідро-екологія*. – 2015. – № 3–4(64). – С. 238-241.
10. Заморов В. В. Результати досліджень іхтіофауни в прибережній зоні моря Одеської затоки у 2016-2017 рр. / В.В. Заморов, Ю.В. Караванський, С.Ю. Чернікова // *Вісник ОНУ. Біологія*. – 2019. – Т. 24, вип. 1(44). – С. 77-93.
11. Квач Ю. В. Видовий склад риб прибережних мілин Одеської затоки і його зміни залежно від часу доби / Ю.В. Квач // *Біологічні студії*. – 2015. – Т. 9, № 1. – С. 191-200.
12. Киселевич К. Материалы по ихтиологической фауне Одесского залива / К. Киселевич // *Сборник студенческого биологического кружка при Новороссийском ун-те*. – № 3. – Одесса, 1908. – С. 117-140.
13. Ковтун О. А. Современное состояние редких и исчезающих видов гидробионтов северной части Чёрного моря (по материалам подводных исследований 2000 – 2003 гг.) / О. А. Ковтун, А.А. Тарасенко // *Екологія і суспільство. Збірник наукових праць Ун-ту екологічних знань Одеської державної бібліотеки ім. М. Горького*. – Одеса, 2005. – Вип. 2. – С. 112-124.
14. Куцоконь Ю.К. Українські назви міног і риб фауни України для наукового вжитку / Ю.К. Куцоконь, Ю.В. Квач // *Біологічні студії*. – 2012. – Т. 6, № 2. – С. 199 – 220.
15. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [Під ред. В.Д. Романенка]. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
16. Мовчан Ю. В. Рыбы Украины (визначник-довідник) / Ю.В. Мовчан. – К.: Наук. думка, 2011. – 420 с.
17. Мочек А. Д. Экологическая организация прибрежных сообществ морских рыб / А. Д. Мочек. – Киев: Наукова думка, 1978. – С. 3-18.
18. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія / Сминтина В. А., Медінець В. І., Заморов В. В., Снігірьов С. М. та ін.; [відп. ред.: В. І. Медінець]. – Одеса: Астропринт, 2008. – XII. – 228 с.
19. Пряхин Ю. В. Методы рыбохозяйственных исследований / Ю.В. Пряхин, В. А. Шкицкий. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – 256 с.
20. Световидов А. Н. Рыбы Черного моря / А.Н. Световидов. – М.; Л.: Наука, 1964. – 551 с.
21. Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология / [Под ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г.Г. Миничевой]. – Киев: Наук. думка, 2006. – 701 с.
22. Северо-западная часть Черного моря: структура и климатическая изменчивость океанологических полей / Ю.И. Попов, А.С. Матыгин, Г.Ю. Коломейченко, В.В. Заморов, С.Ю. Черникова, С.А. Петров, Л.П. Пономарева, Ю.В. Караванский, Е.Ю. Леончик, В. Д. Каштаков – Одесса: ФОП Попова Н.М., 2016. – 439 с.
23. Снигирев С.М. Донная ихтиофауна прибрежных вод о. Змеиный / С.М. Снигирев.: автореф. дисс. канд. биол. наук. – К. Инт. Гидробиол. НАНУ, 2011. – 20 с.
24. Снигирев С.М. Результаты ихтиологических исследований прибрежных вод о. Змеиный

- (2016-2018) / С.М. Снігирев // Вісник Одеського національного університету: Біологія. – 2019. – Т. 24, вип. 2(45). – С. 80-87.
25. Снігирев С. М. Ихтиофауна предгірлового простору Нижнього Дністра в 2017-2019 гг. / С.М. Снігирев // 36. Тез. Міжнарод. конф. «Євроінтеграція і управління басейном Дністра» (Кишинів, 8-9 жовтня 2020 г.). – 2020. – С. 298-301.
26. Ткаченко П. В. Сучасний склад і тенденції зміни їхтиофауни прибережних ділянок північно-західної частини Чорного моря / П. В. Ткаченко, С. А. Хуторної // Екологічна безпека прибережної і шельфової зон і комплексне використання ресурсів шельфу. Сб. науч. тр. – Вип. 2. – Севастополь, 2001. – С. 363-369.
27. Хуторної С. А. Історія вивчення їхтиофауни північно-західної частини Чорного моря в межах територіальних вод України і її зміни під впливом антропогенного тиску / С.А. Хуторної // Екологія моря. – 2004. – Вип. 65. – С. 87-93.
28. Чепурнов В. С. Видовий склад риб північно-західної частини Чорного моря і їх розподіл / В.С. Чепурнов // Учен. зап. Кішинівського університету. – 1962. – Т. 62, вип. 1 (біологічний). – С. 3-10.
29. Чепурнов В. С. Дністровське взмор'є як нагульна база деяких промислових риб / В. С. Чепурнов // Учен. зап. Кішинівського університету. – 1962. – Т. 62, вип. 1 (біологічний). – С. 11-31.
30. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 600 с.
31. Чернікова С.Ю. Ихтиофауна Одеського затоки (Чорне море) в першому десятилітті ХХІ століття / С.Ю. Чернікова, В.В. Заморов // Морський екологічний журнал. – 2011. – Т. X. – № 3. – С. 76-85.
32. Яценковський А. В. Риби Одеського затоки / А.В. Яценковський // Записки Новоросійського товариства естествоиспытателей, 1909. – 33. – С. 203-244.
33. Black Sea Red Data Book / Ed. by H. J. Dumont. – New York: United Nations Office for Project Services, 1999. – 413 p.
34. European sea fishes Gibraltar to Norway / Ed. by G. Jennings. – Calypso Publications, London, 1996. – 208 pp.
35. Froese R. FishBase. World Wide Web electronic publication / R. Froese, D. Pauly, 2007. -www.fishbase.org, version (08/2007).
36. Halford A. Visual census surveys of reef fish / A. Halford, A. A. Thompson– Townsville: Australian institute of marine science, 1994. – 22 p.
37. IUCN Red List of threatened animals. Intern. Union of Conservation of Nature and Natural Resources. USA. – Printed by Kervin press, 1996. – 368 p.
38. Kottelat M. Handbook of European freshwater fishes. / M. Kottelat, J Freyhof, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 2007. – 660 p.
39. Miller J., Loates M J. Fish of Britain and Europe. – Harper Collins Publishers / J. Miller., M J Loates. – London, 1997. – 288 p.
40. Nelson J. S. Fishes of the world (4 rd edition) / J. S. Nelson. – New York: J. Willey & Sons, Inc., 4th edition, 2006. – 601 p.
41. Snigirov S. The fish community in Zmiinyi Island waters: structure and determinants / S. Snigirov, O. Goncharov, S. Sylantyev // Marine Biodiversity. – 2012. – Vol. 42, № 2. – P. 225-239.
42. Snigirov S. Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea / S. Snigirov, V. Medinets, V. Chichkin, S. Sylantyev // Aquatic Invasions. – 2013. – Vol. 8, Issue 3, P. 289-297.
43. Snigirov S. Ichthyofauna of Zmiinyi Island coastal waters in 2016-2017 / S. Snigirov, V. Medinets, A. Abakumov, V. Pitsyk, P. Snigirov, I. Soltys, O. Konareva // International scientific conference, dedicated to 95th Anniversary of Academician of the NAS of Ukraine Yuvénal Zaitsev «Achievements in studies of marginal effect in water ecosystems and their practical significance»: Book of abstracts (June 13-14, 2019, Odessa, Ukraine). Odessa-Istanbul, 2019 – P. 48.

S. M. Snigirov¹,
V. V. Zamorov¹,
Y. V. Karavanskyi¹,
V. Z. Pitsyk¹,
O. P. Kurakin²,
O. M. Abakumov¹,
P. V. Liukis¹,
P. M. Snigirov¹,
Y. V. Morozov¹,
Y. V. Kvach^{1,2},
Y. K. Kutsokon³

¹Odesa National I.I. Mechnykov University, Dvorianska St., 2, Odesa, 65082, Ukraine,

²Institute of Marine Biology of the National Academy of Science of Ukraine, Odesa, Ukraine

³Schmalhausen Institute of Zoology, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

TAXONOMIC AND ECO-FAUNISTIC FEATURES OF THE NOWADAYS FISH FAUNA OF THE GULF OF ODESA, THE DNIESTER MOUTH FOREFRONT NEAR-SHORES AND COASTAL WATERS OF THE SNAKE (ZMIINYI) ISLAND

Summary

Introduction (relevance). The sea ecosystem investigations and investigations of its individual components, in particular, coastal ichthyocenoses, remain relevant. It's very important for the development and implementation of measures for the conservation and rational use of fish resources of the entire Black Sea.

The **aim** of this work is ichthyofauna investigations of the coastal areas in the north-western part of the Black Sea.

Main results. The inventory of the fish fauna species composition in the Gulf of Odessa, the Dniester mouth forefront near-shores and Snake Island coastal waters (North-Western Black Sea) is provided. In the results of the long-term ichthyological studies we registered: 80 fish species (from 63 genera, 37 families, 27 orders) in the Gulf of Odessa, 64 species (from 56 genera, 35 families, 27 orders) in the Dniester mouth forefront near-shores, and 76 species (from 63 genera, 40 families, 27 orders) in Snake Island coastal waters. The structures of fish assemblages are present in the comparative aspect. The long-term changes of the fish fauna species composition are discussed. Also we discussed the changes in the fish habitat conditions in the North-Western Black Sea, causes of the new species appearances in the study area, the effects of the invasive species on the native fauna.

Suggestions (Conclusions). In total 98 species (from 79 genera, 42 families, 28 orders) of marine, brackish-water, anadromous and freshwater fish were identified. The

number of fish species may increase in the case of the penetration and dispersal of new invading species, or transit of the freshwater fish into the coastal sea areas. The value of similarity of the ichthyofauna of the Odessa Bay and the Dniester mouth forefront at the species level is 80.6 %, of the Dniester coastal area and the coastal waters of the Snake Island – 77.1 %, of the Odessa Bay and coastal waters of Snake Island – 76.9 %.

Key words: fish fauna, Gulf of Odessa, Dniester River mouth, Snake (Zmiinyi) Island.

References

1. Aleksandrov B. G. (2004) Problema perenosa vodnyh organizmov sudami i nekotorye podhody k ocenke riska novykh invazij, Morskij ekol. Zhurnal, T. 3, № 1, P. 5-17.
2. Vasileva E. D. (2007) Ryby chernogo morya. Opredelitel morskikh, solonovatovodnyh, evrigalinykh i prohodnykh vidov s cvetnymi illyustratsiyami, sobrannymi S.V. Bogorodskim, M.: izd-vo VNIRO, 238 p.
3. Vinogradov K. A. (1958) Ocherki po istorii otechestvennykh gidrobiologicheskikh issledovaniy na Chernom more, K.: Izd-vo AN USSR, 155 p.
4. Vinogradov A. K., Hutornoj S.A. (2013) Ihtiofauna Odesskogo regiona severo-zapadnoj chasti Chernogo morya (biologicheskije, ekologicheskije, ekologo-morfologicheskije osobennosti), Odessa: Astroprint, 224 p.
5. Vinogradov A. K., Bogatova Yu.I., Sinegub I.A., Hutornoj S.A. (2017) Ekologicheskije zakonornosti raspredeleniya morskoy pribrezhnoj ihtiofauny (Chernomorsko-Azovskij bassejn), otv. red. L.V. Vorobeva, Odesa: Astroprint, 416 p.
6. Getman T.P. (2007) Vizualnye podvodnye nablyudeniya pri ocenke kachestvenno-kolichestvennykh pokazatelej ihtiocena, Ekologiya morya. Otdelnyj vyp. 74, P. 13-17.
7. Zambriborsh F.S., Vinnikova M.A., Zamorov V.V. (1995) Ryby Odesskogo zaliva v proshlom i nastoyashem, Nauchnye trudy Zool. muzeya Odesskogo gosudarstvennogo un-ta, 2, P. 19-26.
8. Zamorov V.V., Snigirev S.M., Kurakin A.P., Olejnik Yu.N. (2005) Demersalnye ryby pribrezhnoj zony ostrova Zmeinyj, Visnik Odeskogo nacionalnogo universitetu, T. 10, vip. 4. Ekologiya, P. 236-243.
9. Zamorov V.V., Chernikova S.Yu., Karavanskij Yu.V., Leonchik E.Yu. (2015) Dinamika setnyh ulovov bychkovyh ryb (Gobiidae) v pribrezhnoj zone Odesskogo zaliva, Naukovi zapiski TNPU imeni Volodimira Gnatyuka. Biologiya. Specialnij vipusk: Gidroekologiya, № 3–4(64), P. 238-241.
10. Zamorov V.V., Karavanskij Yu.V., Chernikova S.Yu. (2019) Rezultati doslidzhen ihtiofauni v priberezhnij zoni morya Odeskoyi zatoki u 2016-2017 rr., Visnik ONU. Biologiya. 24, vip. 1(44), P. 77-93.
11. Kvach Yu.V. (2015) Vidovij sklad rib priberezhnih milin Odeskoyi zatoki i jogo zmini zalezno vid chasu dobi, Biologichni studiyi, T. 9, № 1, P. 191-200.
12. Kiselevich K. (1908) Materialy po ihtiologicheskoy faune Odesskogo zaliva, Sbornik studencheskogo biologicheskogo kruzhka pri Novorossijskom un-te., № 3, Odessa, P. 117-140.
13. Kovtun O.A., Tarasenko A.A. (2005) Sovremennoe sostoyanie redkih i ischezayushih vidov gidrobiontov severnoj chasti Chyornogo morya (po materialam podvodnyh issledovaniy 2000 – 2003 gg.), Ekologiya i suspilstvo. Zbirnik naukovih prac Un-tu ekologichnih znan Odeskoyi derzhavnoyi biblioteki im. M. Gorkogo., Odesa, 2005, Vip. 2, P. 112-124.
14. Kucokon Yu.K., Kvach Yu.V. (2012) Ukrayinski nazvi minog i rib fauni Ukrayini dlya naukovogo vzhitku, Biologichni studiyi, T. 6, № 2, P. 199 – 220.
15. Romanenka V.D. (2006) Metodi gidroekologichnih doslidzhen poverhnevih vod, [Pid red.]. NAN Ukrayini. In-t gidrobiologiyi, K.: LOGOS, 408 p.

16. Movchan Yu.V. (2011) *Ribi Ukraini (vznachnik-dovidnik)*, K.: Nauk. dumka, 2011. 420 p.
17. Mochev A.D. (1978) *Ekologicheskaya organizatsiya pribrezhnykh soobshchestv morskikh ryb*, Kiev: Naukova dumka, P. 3-18.
18. Smintina V. A., Medinec V. I., Zamorov V. V., Snigirov S. M. (2008) *Ostriv Zmiynij: ekosistema priberezhnykh vod: monografiya*, Odesa: Astroprint, XII, 228 p.
19. Pryahin Yu.V., Shkicky V.A. (2008) *Metody rybohozyajstvennykh issledovaniy*, Rostov-na-Donu: Izd-vo YuNC RAN, 256 p.
20. Svetovidov A.N. (1964) *Ryby Chernogo moray*, M.; L.: Nauka, 551 p.
21. Zajceva Yu.P., Aleksandrova B.G., Minichevoj G.G. (2006) *Severo-zapadnaya chast Chyornogo morya: biologiya i ekologiya*, Kiev: Nauk. dumka, 701 p.
22. Popov Yu.I., Matygin A.S., Kolomejchenko G.Yu., Zamorov V.V., Chernikova S.Yu., Petrov S.A., Ponomareva L.P., Karavanskij Yu.V., Leonchik E.Yu., Kashtakov V.D. (2016) *Severo-zapadnaya chast Chernogo morya: struktura i klimaticheskaya izmenchivost okeanologicheskikh polej*, Odesa: FOP Popova N.M., 39 p.
23. Snigirev S.M. (2011) *Donnaya ihtiofauna pribrezhnykh vod o.Zmeinyj: avtoref. diss. kand. biol. nauk.*, K. Int. Hidrobiol. NANU, 20 p.
24. Snigirev S.M. (2019) *Rezultaty ihtiologicheskikh issledovaniy pribrezhnykh vod o. Zmeinyj (2016-2018)*, Visnik Odeskogo nacionalnogo universitetu: Biologiya, T. 24, 2(45), P. 80-87.
25. Snigirev S.M. (2020) *Ihtiofauna predgirlovogo prostranstva Nizhnego Dnestra v 2017-2019 gg.*, Zb. Tez. Mezhdunarod. konf. «Evrointegratsiya i upravlenie bassejnom Dnestra» (Kishinev, 8-9 oktyabrya 2020 g.), P. 298-301.
26. Tkachenko P.V., Hutornoj S.A. (2001) *Sovremennyy sostav i tendentsii izmeneniya ihtiofauny pribrezhnykh uchastkov severo-zapadnoj chasti Chyornogo moray*, *Ekologicheskaya bezopasnost pribrezhnoj i shelfovoj zon i kompleksnoe ispolzovanie resursov shelfa*. Sb. nauch. tr., Vyp. 2., Sevastopol, P. 363-369.
27. Hutornoj S.A. (2004) *Istoriya izucheniya ihtiofauny severo-zapadnoj chasti Chernogo morya v predelah territorialnykh vod Ukrainy i ee izmenenie pod vozdejstviem antropogennogo pressa*, *Ekologiya moray*, Vyp. 65, p. 87-93.
28. Chepurinov V.S. (1962) *Vidovoy sostav ryb severo-zapadnoj chasti Chernogo morya i ih raspredelenie*, *Uchen. zap. Kishinevskogo universiteta*, T. 62, vyp. 1 (biologicheskij), P. 3-10.
29. Chepurinov V.S. (1962) *Dnestrovskoe vzmore kak nagulnaya baza nekotorykh promyslovykh ryb*, *Uchen. zap. Kishinevskogo universiteta*, T. 62, vyp. 1 (biologicheskij), P. 11-31.
30. *Chervona kniga Ukraini. Tvarinnij svit* (2009), za red. I.A. Akimova, K.: Globalkonsalting, 600 p.
31. Chernikova S.Yu., Zamorov V.V. (2011) *Ihtiofauna Odesskogo zaliva (Chyornoe more) v pervom desyatiletii XXI veka*. *Morskij ekologichnij zhurnal*, № 3, P. 76-85.
32. Yacentskovskij A. V. (1909) *Ryby Odesskogo zaliva*, *Zapiski Novorossijskogo obshestva estestvoispytatelej*, 33, P. 203-244.
33. Dumont H. J. (1999) *Black Sea Red Data Book*, New York: United Nations Office for Project Services, 413 p.
34. Jennings G. (1996) *European sea fishes Gibraltar to Norway*, Calypso Publications, London, 208 pp.
35. Froese R., Pauly D. (2007). *FishBase. World Wide Web electronic publication*, www.fishbase.org, version (08/2007).
36. Halford A., Thompson A.A. (1994) *Visual census surveys of reef fish*, Townsville: Australian institute of marine science, 22 p.
37. *IUCN Red List of threatened animals. Intern.* (1996) Union of Conservation of Nature and Natural Resources. USA., Printed by Kervin press, 368 p.
38. Kottelat M., Freyhof J. (2007) *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 660 p.
39. Miller J., Loates M J. (1997) *Fish of Britain and Europe*. – Harper Collins Publishers, London, 288 p.

40. Nelson J. S. (2006) *Fishes of the world* (4 rd edition), New York: J. Willey & Sons, Inc., 4th edition, 601 p.
41. Snigirov S., Goncharov O., Sylantyev S. (2012) The fish community in Zmiinyi Island waters: structure and determinants, *Marine Biodiversity*, Vol. 42, № 2, P. 225-239.
42. Snigirov S. Medinets V., Chichkin V., Sylantyev S. (2013) Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea, *Aquatic Invasions*, Vol. 8, Issue 3, P. 289-297.
43. Snigirov S., Medinets V., Abakumov A., Pitsyk V., Snigirov P., Soltys I., Konareva O. (2019) Ichthyofauna of Zmiinyi Island coastal waters in 2016-2017, International scientific conference, dedicated to 95th Anniversary of Academician of the NAS of Ukraine Yuvenaly Zaitsev «Achievements in studies of marginal effect in water ecosystems and their practical significance»: Book of abstracts (June 13-14, 2019, Odessa, Ukraine). Odessa-Istanbul, P. 48.

МІКРОБІОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ



І. З. Коваль, к.т.н., доцент

Національний університет "Львівська політехніка"

вул. Степана Бандери, 12, Львів, Львівська область, 79000

ВПЛИВ АРГОНУ НА ДРІЖДЖІ В УМОВАХ КАВІТАЦІЇ

Наведено експериментальні дані одночасного впливу аргону, барботованого зі швидкістю 0,2 см³/с через водне середовище (об'єм 75 см³) та ультразвукової кавітації (частота 22 кГц, потужність 35 Вт) на дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* впродовж двогодинної тривалості процесу. Кількість мікроорганізмів в одиниці об'єму досліджуваної води визначалась загальною чисельністю колоній на поживному середовищі на чашках Петрі. Встановлено активне зменшення чисельності клітин на початку процесу (61,84% після 30 хв) при вихідному мікробіологічному забрудненні води $2,07 \times 10^4$ КУО/см³ з досягненням частки загинувлих клітин > 98% після обробки води тривалістю 1 година.

Ключові слова: вода; очищення; дріжджі; аргон; кавітація.

У відкритих водоймах та виробничих стічних водах, разом з домішками природного походження знаходяться різного складу хімічні забруднення (пестициди, феноли, нафтопродукти, солі важких металів і ін.), що зумовлено скидом у водоймища недостатньо очищених або неочищених виробничих і побутових стічних вод [12]. Окрім наявного хімічного забруднення органічними речовинами, відходами різних виробництв: нафтохімічних, целюлозно-паперових, а також комунально-побутових стоків, відходів тваринницьких ферм, неабиякий негативний вплив на стан водних ресурсів має біологічне забруднення [6]. Такий вид забруднення виникає внаслідок потрапляння у водойми разом зі стічними водами різних хвороботворних мікроорганізмів, бактерій, грибів, дрібних водоростей, хробаків. Декілька мільйонів бактерій виявлено в одиниці об'єму стічних і річкових водах. Основними джерелами біологічних забруднень є комунально-побутові стічні води підприємств. Об'єм бактеріальної маси при кількості 100 млн. бактерій в 1 см³ складає 0,04 % від об'єму стічних вод [3]. Боротьба з їх масовим розмноженням у системах зливу стічних вод, у технологічних середовищах, у системах водопостачання повинна бути направленою на появу нових економічно вигідних технологій водоочищення.

Перспективним методом очищення води є застосування кавітаційної дії, яка підсилюється з одночасним барботуванням газів. Вплив інертних газів на життєздатність мікроорганізмів практично не вивчався в кавітаційних умовах. Однак, вивчення дії інертних газів викликає значне зацікавлення в наукових цілях саме через їхню природу, через їхню хімічну інертність, оскільки додаткове барботування газу в реакційне середовище призводить до пришвидшення руйнівної дії кавітації на мікроорганізми [11].

Провівши огляд наукового матеріалу щодо теми дослідження, з'ясовано, що кавітаційний вплив на мікроорганізм різного роду представлено як у вітчизняних роботах, так і закордонних. Результати таких досліджень викладені в наукових публікаціях [7–10, 12], в яких досліджувалась дія ультразвукової кавітації на водорості, гриби, бактерії. Інтенсивність ультразвукової кавітації на структуру мікроорганізмів в процесі дезінфекції стічних вод описано в [10].

Вплив кавітаційної дії на дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* представлено в роботі [5], в якій дія ультразвуку (УЗ) низької частоти (частота 28 кГц, потужність 140 Вт/л) тривалістю 1 година суттєво зменшує кількості дріжджових клітин [5]. В роботі [1] відзначено активне руйнування бактерій *Bacillus cereus* в атмосфері аргону ($k_d = (2,3 \pm 0,1) \times 10^{-4} \text{ с}^{-1}$), порівняно з гелієм ($k_d = (8,16 \pm 0,07) \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$), незалежно від вихідної кількості бактерій в 1 см³ досліджуваної води. Оскільки аргон виявив високу ефективність в процесі руйнування мікроорганізмів, цікаво вивчити його дію на дріжджові клітини в поєднанні з кавітаційним процесом обробки води. Окрім того, дріжджі суттєво відрізняються за будовою від бактерій, а експериментальних даних, які б підтверджували вплив інертних газів в кавітаційних умовах на дріжджі в літературі нами не знайдено.

Дріжджі забруднюють стічні води продуктами своєї життєдіяльності, зокрема продуктами органічного походження. Тому стічні води пивоварної промисловості є концентрованими за органічними забрудненнями, що потребує додаткового їх очищення перед скиданням до відкритих водойм. В зв'язку з тим, виникла необхідність пошуку альтернативного методу обробки води з підвищеним вмістом дріжджових клітин, який би очистив таку воду до показників, допустимих для скидання стічних вод до водойм. Саме тому, в роботі запропоновано здійснити процес обробки дріжджових клітин за одночасної дії аргону та кавітації, оскільки спільна дія кавітації та газу інтенсифікує руйнівні процеси на мікроорганізми у водному середовищі в процесі її обробки [5].

Матеріали та методи досліджень

Для досліджень використані мікроскопічні об'єкти – дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, які були виділені з стічних вод пивоварного виробництва. Чисті культури мікроорганізмів вирощували в пробірках у лабораторних умовах при 30 °С протягом 96 годин на сусло-агарі з подальшим зберіганням при 4 °С. Чисту культуру мікроорганізмів вносили до стерильної природної води, готуючи таким чином суспензію клітин дріжджів у стерильній воді. Вихідне число мікроорганізмів (ЧМ) на 1 см³ досліджуваної води становило $2,07 \times 10^4$ КУО. Методика здійснення розведень суспензії мікроорганізмів та умови їх культивування детально описані в [2].

Умови експериментів: $T = 298 \pm 1 \text{ К}$, $P = 0,1 \text{ МПа}$, загальна тривалість процесу становила 2 години. Джерелом кавітації слугував УЗ генератор УЗДН-2Т з частотою 22 кГц і потужністю 35 Вт.

Досліджуваним газом для барботування реакційного середовища обрано інертний газ аргон, який продемонстрував високі результати в процесах очищення води від бактеріальних клітин у попередніх дослідженнях [1].

Приготований зразок досліджуваної води наливали в скляний реактор, ємністю 75 см³, який постійно охолоджувався протічною водою для підтримування в реакційному середовищі постійної температури ($T=298\pm 1\text{K}$). УЗ коливання від низькочастотного генератора передавали за допомогою магнітострикційного випромінювача, зануреного в об'єм досліджуваного зразка води. Одночасно включаючи УЗ генератор забезпечували подачу аргону. Загальна витрата газу становила 1,4 дм³, який подавали зі швидкістю 0,2 см³/с в досліджуваний об'єм води впродовж всієї тривалості процесу. Далі періодично (кожні 30 хв) відбирали проби води для аналізу. Для узагальнення результатів даний експеримент повторювався тричі. Статистичне опрацювання здійснювалось на основі розрахунку середнього арифметичного для серії експериментальних даних.

Частку загиблих клітин визначали за формулою:

$$Dd = 100 - \frac{ЧМ \times 100}{ЧМ_0}, [\%]$$

де $ЧМ_0$ – початкове число мікроорганізмів, КУО/см³.

$ЧМ$ визначали за кількістю колонієутворювальних одиниць (КУО) в одиниці об'єму досліджуваної води при рості клітин на чашках Петрі з сусло-агаром. Для визначення кількості живих клітин у пробах після обробки здійснювали висів у три паралельні чашки Петрі з кожного відбору проб.

Результати досліджень та їх обговорення

Зразки води піддавали одночасній Аг/УЗ-дії з вихідним вмістом дріжджів $2,07 \times 10^4$ КУО/см³. Як бачимо, за табличними даними, $ЧМ$ після 1800 с обробки зменшилося в 2,6 разів, а після години – в 51,8 разів.

Рисунок демонструє стрімке зростання частки загиблих клітин на початку процесу, тривалістю до однієї години. Так, після 1800 с обробки $ЧМ$ суттєво зменшилося, частка загиблих клітин становить 61,84 %, а через годину – 98,07 % (Рисунок). Після години Аг/УЗ-обробки крива виходить на плато, тобто частка знищених клітин коливається в межах одиниці.

Кінцеве $ЧМ$ не перевищує 100 КУО/см³, а розрахована величина D_d після двох годин Аг/УЗ-обробки становила 99,52 % (Рисунок). Ці дані вказують на практично повне очищення води та на ефективність барботування аргону в кавітаційних умовах, тоді як після Аг/УЗ обробки води з підвищеним вмістом спорогенних бактерій *Bacillus cereus* ($ЧМ_0 = 1,77 \times 10^4$ КУО/см³) відсоток загибелі становить 85,15 % в аналогічних умовах експерименту [1].

Отже, при барботуванні аргону в кавітаційних умовах вдалося досягнути практично повного очищення води від дріжджів. Високу ефективність дії аргону можна обґрунтувати тим, що аргон характеризується більшим виходом

Таблиця

Життєздатність клітин *Saccharomyces cerevisiae* за різних режимів обробки

Тривалість Аг/УЗ обробки, с	ЧМ, КУО/см ³
0	$2,07 \cdot 10^4$
1800	$7,9 \cdot 10^3$
3600	$4 \cdot 10^2$
5400	$3 \cdot 10^2$
7200	$1 \cdot 10^2$

Примітка: коефіцієнт кореляції експериментальних даних за умов Аг/УЗ обробки дріжджової суспензії становить 0,926.

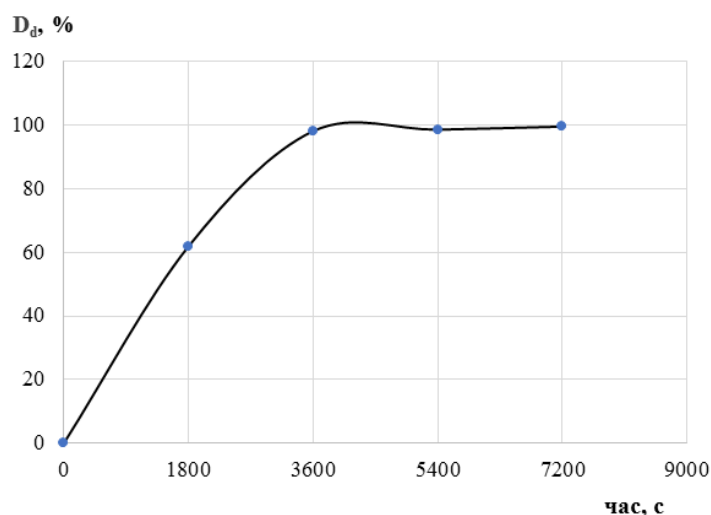


Рисунок. Залежність частки загинувших клітин від тривалості одночасної дії аргону і кавітації

продуктів піролізу [11], за рахунок нижчої теплопровідності, порівняно з гелієм. Тобто насичення водного середовища з вмістом дріжджів інертним аргонном веде до утворення додаткових кавітаційних зародків в реакційній зоні, що зумовило активне руйнування мікроорганізмів. Також аргон відрізняється меншим іонізаційним потенціалом (15,7 еВ), ніж гелій (24,5 еВ), що значно полегшує електронний пробій в каверні, сприяє більш інтенсивному розпаду молекул води в ній, в результаті якого збільшується ефективність знезараження води. Розриви щільності потоку з утворенням парогазових бульбашок відбуваються у місцях неоднорідності середовища, а неоднорідностями виступають самі клітини дріжджів, які при кавітаційному вибуху (імпульсі) виявляються в центрі розтріскування [11]. У результаті біля точки розтріскування повністю

знищуються мікроорганізми. Згідно з [5], кавітаційна дія зумовлює значні механічні руйнування клітинної стінки, цитоплазматичної мембрани, вивільнення внутрішньоклітинних компонентів.

Проведене дослідження дозволяє описати процеси відмирання дріжджових клітин в умовах спільної дії аргону та кавітації. Одержані результати вказують на інтенсивне кавітаційне очищення води від мікроорганізмів в умовах барботування аргону. Наведені експериментальні дані також узгоджуються з результатами попередніх дослідів [1], згідно з якими дія аргону на воду з вмістом бактерій *Bacillus cereus* описується більшою величиною ефективної константи швидкості відмирання клітин: $k_d(\text{Ar}) > k_d(\text{He})$, що пояснюється природою дії самого газу в умовах експерименту [1].

Висновки

1. Досліджено життєздатність дріжджів в умовах кавітації та барботуванні аргону через водну систему. Розраховано та здійснено порівняння частки загиблених клітин впродовж двогодинної обробки забрудненої дріжджами води за різних режимів обробки.

2. Встановлено зменшення мікробіологічного забруднення води на два порядки (з $2,07 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^2$ КУО/см³), що дозволяє скидати оброблену воду у відкриті водойми.

3. Відзначено практично повне руйнування дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* у водному середовищі ($D_d = 99,5\%$), що вказує на високу ефективність застосування спільної Ar/UЗ-дії в процесах водоочищення.

Стаття надійшла до редакції 12.07.2020

Список використаної літератури

1. Коваль І. З. Життєздатність спорогенних бактерій в атмосфері інертних газів / І. З. Коваль // Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). – 2020. – Т. 12, Вип. 1. – С. 8–13. <https://doi.org/10.31861/biosystents.2020.01.008>
2. Коваль І. Вплив кисню та вуглекислого газу на очищення води від бактерій та дріжджів в кавітаційних умовах / І. З. Коваль // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна серія «Екологія». – 2020. – № 22. – С. 75–82. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-22-07>
3. Койнова І. Б. Водойми міста Львова: сучасний геоекологічний стан та можливості його покращення / І. Б. Койнова, А.-К. Чорна // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2019. – № 32. – С. 6–15. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-32-01>
4. Chaudhry F. N. Factors affecting water pollution: a review / F. N. Chaudhry, M. F. Malik // J. Ecosyst. Ecography. – 2017. – Vol. 7(1). – P. 225–231. doi: 10.4172/2157-7625.1000225
5. Dai Ch. Effects of low-intensity ultrasound on the growth, cell membrane permeability and ethanol tolerance of *Saccharomyces cerevisiae* / Ch. Dai, F. Xiong, R. He, W. Zhang, H. Ma // Ultrasonics Sonochem. – 2017. – Vol. 36. – P. 191–197. doi: 10.1016/j.ultsonch.2016.11.035
6. Haseena M. Water pollution and human health / M. Haseena, M. F. Malik, A. Javed // Environmental Risk Assessment and Remediation. – 2017. – Vol. 1(3). – P. 16–19. doi: 10.4066/2529-8046.100020

7. Iorio M. C. A case study on the use of ultrasound for the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in almond milk / M. C. Iorio, A. Bevilacqua, M. R. Corbo // *Ultrasonics Sonochem.* – 2019. – Vol. 52. – P. 477–483. doi: 10.1016/j.ultsonch.2018.12.026
8. Kong Y. Removal of *Microcystis aeruginosa* by ultrasound: Inactivation mechanism and release of algal organic matter / Y. Kong, Y. Peng, Zh. Zhang // *Ultrasonics Sonochem.* – 2019. – Vol. 56. – P. 447–457. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.04.017>
9. Li Y. Enhanced coagulation by high-frequency ultrasound in *Microcystis aeruginosa* – laden water: Strategies and mechanisms / Y. Li, X. Shi, Zh. Zhang // *Ultrasonics Sonochem.* – 2019. – Vol. 55. – P. 232–242. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.01.022
10. Luhovskyi O. F. Enhancing the Efficiency of Ultrasonic Wastewater Disinfection Technology / O. F. Luhovskyi, I. A. Gryshko, I. M. Bernyk // *Journal of Water Chemistry and Technology.* – 2018. – Vol. 40. – P. 95–101.
11. Naddeo V. Water and wastewater disinfection by ultrasound irradiation – a critical review / V. Naddeo, A. Cesaro, D. Mantzavinos // *Global Nest Journal.* – 2014. – Vol. 16, No 3. – P. 561–577.
12. Park J. Variation of efficiencies and limits of ultrasonication for practical algal bloom control in fields / J. Park, Y. Son, W. H. Lee // *Ultrasonics Sonochem.* – 2019. – Vol. 55. – P. 8–17.

I. Z. Koval

Lviv Polytechnic National University,
st. S. Bandery, 12, Lviv, Ukraine, e-mail: irynazk@gmail.com

THE EFFECT OF ARGON ON THE YEAST UNDER CAVITATION

Abstract

Introduction. The process of water purification from contaminants, in particular microbiological, is still relevant. One of the promising and effective physical methods of water disinfection is the use of cavitation, which is characterized by numerous positive results in water purification technology.

Aim. To investigate the effect of cavitation and inert argon on the viability of *Saccharomyces cerevisiae* in water. To determine the effectiveness of argon during cavitation treatment of the water system.

Methods. Ultrasonic generator UZDN-2T was used for cavitation treatment of yeast-containing water at frequency of 22 kHz, power 35 W, $T = 298 \pm 1$ K, $P = 0.1$ MPa, the total duration of the process was 2 hours. A suspension of yeast cells in sterile water taken from a natural water body was used for research. Inert gas (argon) was bubbled into the water throughout the process with simultaneous action of cavitation. The results of calculating the number of the cells before and after the experiments are expressed in colony-forming units.

The main results of the study. Treatment of water with high content of yeast with simultaneous action of inert gas and ultrasonic cavitation was carried out. The studied microobjects were *Saccharomyces cerevisiae* yeast with an initial content of 2.07×10^4 cells per unit volume of water. It is shown that after 30 min of Ar/US action the number of the microorganisms decreased 2.6 times relative to its initial number. The efficiency of the combined action of argon and cavitation was 99.5% ($NM_{\text{end}} = 100$ CFU/cm³) in the end of the process.

Conclusions. Cavitation action in an argon atmosphere on the water purification from yeast was shown. The proportions of dead cells which allowed to describe the process of water disinfection were calculated and active water purification under conditions of argon supply with high yeast content in 1 cm³ of aqueous medium was noted. Almost complete purification of water after two hours of treatment was achieved.

Key words: water; cleansing; drizhi; argon; cavitation

References

1. Koval I. Z. (2020) «Viability of sporogenic bacteria in an inert gas atmosphere» [«Zhyttyezdatnist' sporohennykh bakteriy v atmosferi inertnykh haziv»], *Scientific Herald of Chernivtsy University. Biology (Biological Systems)*, 12(1), pp 8-13.
2. Koval I. Z. (2020) «Influence of oxygen and carbon dioxide on water purification from bacteria and yeast in cavitation conditions» [«Vplyv kysnyu ta vuhlekysloho hazu na ochyshchennya vody vid bakteriy ta drizhdzhiv v kavitatsiynykh umovakh»], *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, 22, pp 75-82.
3. Koinova, I., Chorna, A.-K. (2019) «Lviv Reservoirs: Current Geo-Ecological Status and Opportunities for its Improvement» [«Vodoymy mista L'vova: suchasnyy heoekolohichnyy stan ta mozhlyvosti yoho pokrashchennya»], *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 32, pp 6-15.
4. Chaudhry F. N., Malik M. F. (2017) «Factors Affecting Water Pollution: A Review», *J. Ecosyst. Ecography*, 7(1), pp 225-231.
5. Dai Ch., Xiong F., He R., Zhang W., Ma H. (2017) «Effects of low-intensity ultrasound on the growth, cell membrane permeability and ethanol tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*», *Ultrasonics Sonochem.*, 36, pp 191-197.
6. Haseena M., Malik M. F., Javed A. (2017) «Water pollution and human health», *Environmental Risk Assessment and Remediation*, 1(3), pp 16-19.
7. Iorio M. C., Bevilacqua A., Corbo M. R. (2019) «A case study on the use of ultrasound for the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in almond milk», *Ultrasonics Sonochem.*, 52, pp 477-483.
8. Kong Y., Peng, Y., Zhang Zh. (2019) «Removal of *Microcystis aeruginosa* by ultrasound: Inactivation mechanism and release of algal organic matter», *Ultrasonics Sonochem.*, 56, pp 447-457.
9. Li Y., Shi X., Zhang Zh. (2019) «Enhanced coagulation by high-frequency ultrasound in *Microcystis aeruginosa* - laden water: Strategies and mechanisms», *Ultrasonics Sonochem.*, 55, pp 232-242.
10. Luhovskyi O. F., Gryshko I. A., Bernyk I. M. (2018) «Enhancing the Efficiency of Ultrasonic Wastewater Disinfection Technology», *Journal of Water Chemistry and Technology*, 40, pp 95-101.
11. Naddeo V., Cesaro A., Mantzavinos D. (2014) «Water and wastewater disinfection by ultrasound irradiation - a critical review», *Global Nest Journal*, 6(3), pp 561-577.
12. Park, J., Son, Y., Lee W. H. (2019) «Variation of efficiencies and limits of ultrasonication for practical algal bloom control in fields», *Ultrasonics Sonochem.*, 55, pp 8-17.

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН



УДК 613.955

doi 10.18524/2077-1746.2020.2(47).218062

Калиниченко Д. О. к. б. н., викладач**Щапова А. Ю.** викладач

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка,
Навчально-науковий інститут фізичної культури, кафедра здоров'я, фізичної
терапії, реабілітації та ерготерапії
вул. Роменська, 87, м. Суми, Україна,
e-mail: kalinichenko.dmitriy.mail@gmail.com

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИЧНОГО СТАНУ ДІТЕЙ 15–17 РОКІВ

Показано, що серед осіб із дисгармонійним фізичним розвитком переважають підлітки з недостатньою масою тіла. Для кількісної характеристики фізичного розвитку використана методика інтегральних оцінок, що дозволяє визначити його рівень за усією сукупністю антропометричних та функціональних показників і може бути використана як експертна оцінка у терапевтичній практиці. Узагальнений показник фізичного стану більш адекватно характеризує стан здоров'я обстежуваного контингенту, ніж метод стандартних оцінок.

Ключові слова: фізичний стан; підлітки; гармонійний; дисгармонійний фізичний розвиток.

На підставі досліджень експерти ВООЗ визначили норми показників фізичного розвитку (ФР), які на сьогодні є світовими стандартами. Крім того нормативні дані надають змогу порівняти показники ФР дітей між різними регіонами і країнами [20].

Разом з рекомендаціями ВООЗ, ФР дітей 6–17 років оцінюється на підставі Наказу МОЗ України № 802 від 13.09.2013 року [13], у якому подані середні показники маси тіла (МТ) і довжини тіла (ДТ) дітей віком від 6 до 17 років та оціночні таблиці на основі шкал регресії. Ці критерії враховують показники МТ та ДТ, окружність грудної клітки (ОГК) та співвідношення між ними у різних вікових і статевих групах, із використанням рівнів ФР (високий, вище середнього, середній, нижче середнього, низький), та критерії гармонійності ФР за МТ [11, 13].

Було встановлено низький рівень співпадіння розподілу за критерієм гармонійності ФР обстежуваних за стандартами ВООЗ, що не дозволяє об'єктивно оцінювати стан здоров'я дітей враховуючи сучасні регіональні особливості фізичного розвитку [11].

Метою дослідження було розробити узагальнену оцінку фізичного стану дітей 15–17 років та обґрунтувати доцільність її використання для потреб профілактичної медицини.

Матеріали та методи дослідження

В дослідженні брали участь 716 дітей 15–17 років м. Суми. Серед них 398 дівчат та 318 юнаків (55,59 % та 44,41 %, відповідно).

Антропометричне обстеження дітей проводилося стандартним інструментарієм за уніфікованою методикою. Для визначення гармонійності та рівня ФР використовували статеві-вікові шкали регресії, що дозволили врахувати співвідношення між антропометричними показниками [18]. ДТ вимірювалася ростоміром, ОГК у стані спокою – сантиметровою стрічкою, МТ визначалася на медичних вагах. Під час проведення обстеження використовувався комбінований (типологічно-серійний спосіб вибірки).

Згідно Положення про комплексну оцінку здоров'я дітей (затверджено МОЗ України 29.11.2002) виконано розподіл дітей за групами здоров'я, використовуючи викопійовані дані комплексних медичних оглядів: група Д₁ – здорові діти; група Д₂ – діти, які мають функціональні та морфо-функціональні відхилення, зниження опірності до застудних захворювань; група Д₃ – діти з хронічними захворюваннями у стадії компенсації.

Узагальнений показник фізичного стану (УПФС) дітей 15–17 років розраховано з використанням антропометричних даних (МТ, ДТ, кистьова динамометрія) та функціональних показників (систолічний та діастолічний артеріальний тиск (САТ, ДАТ), життєва ємність легень (ЖЕЛ), частота серцевих скорочень (ЧСС)).

Для створення узагальненого показника фізичного стану використовувався метод інтегральних оцінок [1]. Їх конструювання відбувалося у чотири етапи: 1) вибір «норми» показника; 2) розрахунок безрозмірних (неіменованих) еквівалентів; 3) нормування показників або їх еквівалентів та 4) власне формування інтегральних оцінок. За «норму» використовувалися параметри початкового масиву даних – середні арифметичні або максимальні значення.

Отримані дані оброблено методом варіаційної статистики з використанням стандартних програм. Статистична значимість показників досліджуваних груп визначалась за критерієм Стюдента. У дослідженні використовували аналіз таблиць спряженості і оцінювали значення статистики Пірсона (χ^2), досягнутий рівень значущості (p).

Дослідження виконано згідно плану науково-дослідної роботи кафедри медико-біологічних основ фізичної культури та міжвідомчої наукової лабораторії гігієни навчальної діяльності та вікової фізіології за темами: «Фізіолого-гігієнічний супровід здоров'язбережувальної діяльності закладів освіти» (Державний реєстраційний номер 0113U004662) та «Комплексне дослідження функціонального стану, адаптаційних можливостей організму та ризику розвитку захворювань у різних групах населення» (Державний реєстраційний номер 0120U100799).

Результати дослідження та їх обговорення

Використовуючи стандарти фізичного розвитку дітей м. Сум встановлено, що найбільшу питому вагу мають гармонійно розвинуті підлітки ($58,12 \pm 1,0$) порівняно із групою підлітків із дисгармонійним ФР ($41,88 \pm 1,0$; $p < 0,01$). Причому у групі гармонійного ФР переважають підлітки 17 років ($66,2 \pm 1,77\%$) над аналогічними групами 15-річних ($60,37 \pm 1,84\%$) та 16-річних ($50,61 \pm 1,59\%$) дітей. Причому питома вага гармонійно розвинутих учнів 15 та 17 років більша, ніж дисгармонійно розвинутих ($39,6 \pm 31,84\%$ та $33,79 \pm 1,77\%$ відповідно, $p < 0,01$).

У групі дітей 16 років вірогідних відмінностей гармонійно та дисгармонійно розвинутих не виявлено. Однак в усіх вікових групах серед дисгармонійно розвинутих переважають підлітки з недостатньою МТ, що свідчить про ознаки децелерації.

Статеві відмінності ФР полягають у тому, що серед дівчат гармонійно розвинутих більше ($62,99 \pm 1,3\%$), ніж серед юнаків ($52,29 \pm 1,5\%$, $p < 0,05$), але серед юнаків із дисгармонійним ФР зберігається тенденція до переваги групи з недостатньою МТ над такою ж когортою дівчат в усіх вікових періодах ($p > 0,01$).

Вірогідні відмінності виявлені серед юнаків та дівчат 15 і 16 років ($p < 0,05$), що полягають у більшій питомій вазі гармонійно розвинутих дівчат. Статевих відмінностей у ФР серед сімнадцятилітніх підлітків не виявлено, що свідчить про завершення процесів росту у цей віковий період.

Однак сучасний підхід до оцінки ФР з використанням середньостатистичних величин основних антропометричних показників має суттєві хиби. По-перше, частка підлітків з гармонійним ФР, який повинен визначати достатній рівень здоров'я, значно завищується. По-друге, наявні стандарти входять у протиріччя з розподілом дітей на медичні групи для занять фізичною культурою (ФК). Підлітки, які відносяться до груп низького ФР, часто відносяться до основної медичної групи. По-третє, при такому підході не враховуються функціональні показники, хоча ФР необхідно розглядати у єдності форми і функції.

На обстеженому контингенті була здійснена спроба нового методичного підходу до конструювання єдиної інтегральної оцінки для усієї множини показників, що характеризують фізичний розвиток – узагальненого показника фізичного стану (УПФС).

Реєструвались антропометричні показники: ДТ, МТ, кистьова м'язова сила (дані динамометрії правої та лівої кистей – ДП, ДЛ). Використано функціональні показники: систолічний артеріальний тиск (САТ), діастолічний артеріальний тиск (ДАТ), частота серцевих скорочень (ЧСС), життєва ємність легень (ЖЄЛ).

За «норму» використано параметри початкового масиву даних – середні арифметичні для САТ, ДАТ, ЧСС, ДТ, МТ, максимальні значення для ЖЄЛ та м'язової сили як такі, що відповідають поняттю «ідеалу» показника (табл. 1).

Таблиця 1

Вибір «норми» показників фізичного розвитку

Показник	Для дівчат					Для юнаків				
	\bar{X}	x_{\min}	x_{\max}	σ	«норма»	\bar{X}	x_{\min}	x_{\max}	σ	«норма»
ДТ (см)	163,7	150	178	5,9	163,7	175,6	154	190	7,2	175,6
МТ (кг)	55,0	40	85	7,3	55,0	62,1	38	83	8,2	62,1
ДП (кг)	19,2	10	28	4,1	31,4	35,2	20	52	6,4	54,5
ДЛ (кг)	16,8	8	26	3,9	28,8	30,6	15	44	6,01	48,6
ЖЄЛ (мл)	3067,7	2300	3800	303,2	3977,2	4242,4	3100	5400	504,3	5755,1
САТ (мм. рт.ст)	109,2	59	129	13,7	109,2	118,3	71,3	140,7	15,2	118,3
ДАТ (мм. рт.ст)	64,9	38	83	8,9	64,9	66,2	34,7	84	9,1	66,2
ЧСС (уд/за 1 хв.)	74	41	102	11,1	74	72,3	40,7	98,3	11,9	72,3

Нормування показників, що розмістились у жорстких межах між нулем та одиницею, проведено з використанням лінійної функції та унімодальної функції «дзвін». При використанні останньої для САТ, ДАТ, ЧСС, ДТ, МТ, крайні значення однаково несприятливі для мінімальних та максимальних значень показників.

Інтегральні оцінки сконструйовані за допомогою формули середньоарифметичного (табл. 2)

Таблиця 2

Розрахункові дані узагальненого показника фізичного стану

Групи підлітків	Середня інтегральна оцінка	s	Верхня межа норми	Нижня межа норми
Юнаки	0,728	0,092	1,002	0,453
Дівчата	0,727	0,079	0,965	0,489

Було виконано градацію рівнів УПФС: для юнаків: низький рівень складав <0,636; середній – у межах 0,637–0,819; високий – >0,819; для дівчат: низький рівень – <0,647; середній – у межах 0,648–0,806; високий – >0,806.

При використанні узагальненого показника фізичного стану встановлено, що високий рівень мають 18,44± 1,45 %, середній – 68,99± 1,73 %, низький – 12,57± 1,24 % підлітків. Причому питома вага підлітків з високим УПФС ві-

рогідно вища, ніж із низьким ($p<0,01$), що більшою мірою зумовлено перевагою дівчат з високим УПФС ($p<0,01$).

Статеві відмінності полягають у тому, що серед дівчат менше осіб із середнім рівнем УПФС ($66,08 \pm 2,37\%$), ніж серед юнаків ($72,64 \pm 2,49\%$). Причому тільки серед дівчат група високого УПФС більша, ніж група низького УПФС ($p<0,05$), що також характеризує завершеність ростових процесів в онтогенезі.

З метою дослідження відповідності використаного методу для характеристики здоров'я проведено аналіз розподілу підлітків за групами здоров'я відповідно до гармонійності ФР та рівнів УПФС (табл. 3–4).

Таблиця 3

Питома вага груп здоров'я в системі стандартних оцінок фізичного розвитку (%)

Групи здоров'я	Обсяг вибірки	У цілому	Юнаки	Дівчата
Гармонійний ФР				
		$n = 474$	$n = 213$	$n = 261$
D_1	169	$35,65 \pm 2,19$	$42,72 \pm 3,39$	$29,89 \pm 2,83$
D_2	97	$20,46 \pm 1,85$	$20,66 \pm 2,77$	$20,31 \pm 2,49$
D_3	208	$43,88 \pm 2,28$	$36,62 \pm 3,30$	$49,81 \pm 3,09$
Дисгармонійний ФР з недостатньою МТ				
		$n = 196$	$n = 89$	$n = 107$
D_1	82	$41,84 \pm 3,52$	$40,45 \pm$	$42,99 \pm 4,78$
D_2	39	$19,89 \pm 2,85$	$17,98 \pm$	$21,49 \pm 3,97$
D_3	75	$38,27 \pm 3,47$	$41,57 \pm$	$35,51 \pm 4,63$
Дисгармонійний ФР із надлишковою МТ				
		$n = 46$	$n = 16$	$n = 30$
D_1	19	$41,3 \pm 7,26$	$25,0 \pm 10,8$	$50,0 \pm 9,13$
D_2	12	$26,09 \pm 6,47$	$50,0 \pm 12,5$	$13,33 \pm 6,2$
D_3	15	$32,61 \pm 6,91$	$25,0 \pm 10,8$	$36,67 \pm 8,79$

Наведені вище дані дозволяють стверджувати, що вірогідної різниці питомих ваг групи D_1 серед гармонійно та дисгармонійно розвинутих підлітків не виявлено. Навпаки, підлітки, які мають хронічну патологію, переважають у групі гармонійно розвинутих ($43,88\%$ проти $38,27\%$ та $32,61\%$).

Співставлення даних про стан здоров'я підлітків та рівнів УПФС свідчить про те, що високий рівень УПФС включає вірогідно більшу групу D_1 , ніж середній та низький рівні ($p<0,01$). У той же час питома вага групи D_3 низького рівня УПФС вірогідно більша за таку ж групу високого рівня УПФС ($p<0,01$).

Таблиця 4

**Питома вага груп здоров'я у системі узагальненого показника
фізичного стану (%)**

Групи здоров'я	Обсяг вибірки	У цілому	Юнаки	Дівчата
Високий УПФС				
		$N=132$	$n=49$	$n=83$
D_1	62	$49,97 \pm 4,35^*$ $t_c=4,34$ $t_n=5,19$	$61,22 \pm 6,96$	$38,55 \pm 5,34$
D_2	49	$37,12 \pm 4,2$	$28,57 \pm 6,45$	$42,17 \pm 5,42$
D_3	21	$15,91 \pm 3,18^{**}$ $t=2,26$	$10,2 \pm 4,32$	$19,28 \pm 4,33$
Середній УПФС				
		$N=494$	$n=231$	$n=263$
D_1	144	$29,15 \pm 2,04$	$22,94 \pm 2,77$	$34,60 \pm 2,93$
D_2	244	$49,39 \pm 2,25$	$58,44 \pm 3,24$	$41,44 \pm 3,04$
D_3	106	$21,46 \pm 1,85$	$18,61 \pm 2,56$	$23,95 \pm 2,63$
Низький УПФС				
		$n=90$	$n=38$	$n=52$
D_1	17	$18,89 \pm 4,13$	$23,68 \pm 6,89$	$15,38 \pm 5,0$
D_2	47	$52,22 \pm 5,26$	$50,0 \pm 8,11$	$53,85 \pm 6,9$
D_3	26	$28,89 \pm 4,78$	$26,32 \pm 7,14$	$30,77 \pm 6,4$

Примітка: 1.-* - вірогідна різниця між рівнями УПФС;
2.-** - вірогідна різниця між групами D_3 високого та низького УПФС.

Висновки

1. Для кількісної характеристики фізичного розвитку використана методика інтегральних оцінок, що дозволяє визначити його рівень за усією сукупністю антропометричних та функціональних показників і може бути використана як експертна оцінка у терапевтичній практиці. УПФС більш адекватно характеризує стан здоров'я обстежуваного контингенту, ніж метод стандартних оцінок, може стати базою для оцінки ризику негативних змін у стані здоров'я окремих груп населення.

2. У групі осіб з гармонійним ФР переважають підлітки 17 років (66,2 %) над аналогічними групами 15-річних (60,4 %) та 16-річних (50,6 %) дітей.

3. Серед дівчат 15–16 років виявлено більше осіб із гармонійним фізичним розвитком, ніж серед юнаків ($p < 0,05$).

4. Серед обстежених із дисгармонійним фізичним розвитком переважають підлітки з недостатньою масою тіла. Спостерігаються вікові відмінності у фі-

зичному розвитку серед юнаків, у яких виявляється більший відсоток осіб із дисгармонійним фізичним розвитком з недостатньою масою тіла серед шістнадцятилітніх юнаків.

Стаття надійшла до редакції 16.09.2020

Список використаної літератури

1. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов. 2-е изд. – К.: МИЦ «Мединформ», 2017. – 579 с.
2. Баль Л. В. О мотивациях подростков к формированию здорового образа жизни / Л. В. Баль, А. Н. Михайлов, И. А. Гундаров // Гигиена и санитария. – 2014. – Том 93, № 4. – С. 70–71.
3. Баранов А. А. Состояние здоровья детей в Российской Федерации / А. А. Баранов // Педиатрия. – 2012. – № 3. – С. 9–14.
4. Гозак С. В. Особливості фізичного розвитку школярів, що навчаються у загальноосвітніх навчальних закладах з різними типами фізичного виховання / С. В. Гозак, О. Т. Єлізарова, І. О. Калиниченко // Гігієна населених місць. – К., 2011. – Вип. 57. – С. 319–326.
5. Кирилова И. А. Оценка физического развития как популяционной характеристики детского населения Иркутской области: дис. ... канд. биол. наук (03.02.08) / Кирилова Ирина Анатольевна; ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет». – Иркутск, 2017. – С. 135.
6. Круцевич Т. Ю. Контроль в физическом воспитании детей, подростков и юношей / Т. Ю. Круцевич, М. И. Воробьев // Контроль в физическом воспитании детей, подростков и юношей – Киев: НУФВСУ, 2005. – 195 с.
7. Кучма В. Р. Межсекторальное взаимодействие при формировании здорового образа жизни детей и подростков: проблемы и пути решения. / В. Р. Кучма // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2014. – №3. – С. 4–9.
8. Кучма В. Р. Основные направления взаимодействия образовательных учреждений с центрами здоровья для детей по формированию здорового образа жизни / В. Р. Кучма, Л. М. Сухарева, И. В. Звездина // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2012. – №1. – С. 5–13.
9. Методы контроля и управления санитарно-эпидемиологическим благополучием детей и подростков: практическое руководство по гигиене детей и подростков / В. Р. Кучма, Т. Ю. Вишневецкая, Н. Д. Бобрищева-Пушкина и др. – М.: ВУНМЦ МЗ РФ, 1999. – С. 54–60.
10. Намазова-Баранова Л. С. Оценка физического развития детей среднего и старшего школьного возраста: анализ результатов одномоментного исследования / Л. С. Намазова-Баранова, К. А. Елецкая, Е. В. Кайтукова, С. Г. Макарова // Педиатрическая фармакология. – 2018. – Том 15, № 4. – С. 333–342. <https://doi.org/10.15690/pf.v15i4.1948>.
11. Польша Н. С. До питання оцінки фізичного розвитку школярів за стандартами ВООЗ / Н. С. Польша, А. Г. Платонова // Навколишнє середовище та здоров'я. – 2012. – № 60. – С. 48–52.
12. Про затвердження критеріїв оцінки фізичного розвитку дітей шкільного віку; Наказ № 802 від 13 вересня 2013 / Міністерство охорони здоров'я України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1694-13>.
13. Про розподіл учнів на групи для занять на уроках фізичної культури; Наказ №518/674 від 20 липня 2009 / Міністерство охорони здоров'я України та Міністерства освіти і науки України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0773-09>.
14. Пушкарев С. А. Критерии оценки гармонического морфологического развития детей школьного возраста / С. А. Пушкарев // Теория и практика физ. культуры. – 1983. – № 3. – С. 18–21.

15. Пьянкова М. А. Современные подходы к оценке физического развития детей: выбор врача-педиатра / М. А. Пьянкова, Т. В. Бородулина // Вестник Уральского государственного медицинского университета. – 2017. – № 4. – С. 75–78.
16. Сухарев А. Г. Научные основы концепции укрепления здоровья детей и подростков / А. Г. Сухарев // Гигиена и санитария. – 2000. – № 3. – С. 43–44.
17. Федоренко В. І. Територіальні особливості фізичного розвитку школярів / В. І. Федоренко, Л. М. Кіцула // Довкілля та здоров'я. – 2015. – № 2 (73). – С. 14–20.
18. Фізичний розвиток дітей різних регіонів України / За ред. А. М. Сердюка. – К.: КІМО “Деркул”, 2003. – Вип. 2: Міські дошкільники. – С. 205–230.
19. Фролова Т. В. Фізичний розвиток дітей: методи оцінки, семіотика основних порушень / Т. В. Фролова, Н. Ф. Стенкова, О. С. Бородіна, І. Р. Сіняєва // Здоровье ребенка. – 2018. – Т. 13, №3. – С. 288–293. doi: 10.22141/2224-0551.13.3.2018.132911.
20. Global Strategy for Women's, Children's and Adolescents' Health (2016 – 2030): 2018 Monitoring Report: current status and strategic priorities. / World Health Organization. URL: <http://www.who.int/life-course/partners/global-strategy/gswcah-2018-monitoring-report/en/>.

Kalynychenko D. O., Shchapova A. Yu.

¹ Sumy state pedagogical university named after A. S. Makarenko, Educational-Scientific Institute of Physical Culture, Chair of Health, Physical Therapy, Rehabilitation and Ergotherapy,
Romenska str., 87, Sumy, Ukraine, 40002, e-mail: kalinichenko.dmitriy.mail@gmail.com

INTEGRATED ASSESSMENT OF THE PHYSICAL CONDITION OF 15–17-YEAR-OLD CHILDREN

Abstract

Introduction. Differences between anthropometric indicators of physical development in children of different regions may be related to environmental factors, living conditions and health status. The use of informative assessments of the physical development of children and adolescents remains a matter of debate.

Aim. To develop generalized assessment of the physical condition of children aged 15–17 years and to substantiate expediency of its use for the needs of preventive medicine.

Methods. The study was conducted in accordance with the research plan of the Chair of Medical and Biological Fundamentals of Physical Culture and the interdepartmental Laboratory of Educational Hygiene and Age Physiology. The study involved 716 children aged 15–17 years who lived in Sumy. Anthropometric examination of children was performed with standard instruments according to a unified methodology. To determine the harmony and the level of physical development, sex and age regression scales were used, which allowed to take into account the relationship between anthropometric indicators. The method of integrated estimates was used to create a generalized indicator of physical condition.

Results. In the group of people with harmonious physical development, adolescents aged 17 years (66.2±1.77%) predominate over similar groups of 15-year-old

($60.37 \pm 1.84\%$) and 16-year-old ($50.61 \pm 1.59\%$) children.

More people with harmonious physical development were found among girls aged 15-16 years than among boys ($p < 0.05$).

Among adolescents with disharmonious physical development, adolescents with insufficient body weight predominate. There are age differences in the physical development of boys, among whom there is a higher percentage of people with disharmonious physical development with insufficient body weight among 16-year-old boys.

Conclusion. For the quantitative characteristics of physical development, the technique of integrated assessment is used that allows defining its level on all set of anthropometric and functional indicators and can be used as an expert evaluation in therapeutic practice. The generalized indicator of physical condition characterizes the state of health of the surveyed contingent more adequately than the method of standard assessments.

Key words: physical condition, adolescents, harmonious, disharmonious physical development.

References

1. Antomonov M. Yu. (2017) Mathematical processing and analysis of medical and biological data./ M. Yu. Antomonov. 2-e yzd.K. : MYTs «Medynform», 579 p.
2. Bal, L. V., Mykhailov A. N., Hundarov Y. A. (2014) On the motivation of adolescents to form a healthy lifestyle, *Hyhyena y sanytariya*, T. 93, N 4, p. 70–71.
3. Baranov A. A. (2012) Children's health status in the Russian Federation, *Pedyatryia*, № 3, pp. 9–14.
4. Hozak S. V., Yelizarova O. T., Kalynychenko I. O. (2011) Features of physical development of schoolchildren studying in secondary schools with different types of physical education, *Hihii-ena naselenykh mist. K.*, Vyp. 57, pp. 319–326.
5. Kyrylova Y. A. (2017) Assessment of physical development as a population characteristic of the child population Yrkutskoi oblasti: dys. ... kand. byol. nauk (03.02.08), FHBOU VPO «Yrkutskiy gosudarstvennyi unyversytet», Yrkutsk, p 135.
6. Krutsevych T. Yu., Vorobev M. Y. (2005) Control in the physical education of children, adolescents and youths, *Kontrol v fizycheskom vospytany detei, podrostkov y yunoshei*, Kyev : NUFVSU, 195 p.
7. Kuchma V. R. (2014) Intersectoral interaction in the formation of a healthy lifestyle for children and adolescents: problems and solutions, *Voprosi shkolnoi y unyversytetskoï medytsyni y zdorovia*, 3, p. 4–9.
8. Kuchma V. R., Sukhareva L. M., Zvezdyna Y. V. (2012) The main areas of interaction between educational institutions and health centers for children in the formation of a healthy lifestyle, *Voprosi shkolnoi y unyversytetskoï medytsyni y zdorovia*, 1, pp. 5–13.
9. Kuchma V. R., Vyshnevetskaia T. Yu., Bobrysheva-Pushkina N. D. (1999) Methods of monitoring and managing the sanitary and epidemiological well-being of children and adolescents: a practical guide to the hygiene of children and adolescents, M.: VUNMTs MZ RF, p. 54–60.
10. Namazova-Baranova L. S., Eletskaia K. A., Kaitukova E. V., Makarova S. H. (2018) Assessment of the physical development of children of middle and senior school age: analysis of the results of a simultaneous study, *Pedyatrycheskaia farmakolohiya*, T. 15, № 4, pp. 333–342. <https://doi.org/10.15690/pf.v15i4.1948>.
11. Polka N. S., Platonova A. H. (2012) Prior to the assessment of the physical development of schoolchildren for the standards of the WHO, *Navkolyshnie seredovyshche ta zdorovia*, № 60, pp. 48–52.

12. About the statement of criteria of an estimation of physical development of children of school age; Order № 802 of September 13, 2013, Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1694-13>.
13. About the division of students into groups for physical education classes; Order №518 / 674 of July 20, 2009, Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy ta Ministerstva osvity i nauky Ukrainy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0773-09>.
14. Pushkarev S. A. (1983) Criteria for assessing the harmonious morphological development of schoolchildren, *Teoriya y praktyka fiz. Kulturi*, № 3, pp. 18–21.
15. Piankova M. A., Borodulyna T. V. (2017) Modern approaches to assessing the physical development of children: the choice of a pediatrician, *Vestnyk Uralskoho hosudarstvennoho medytsynskoho unyversyteta*, № 4, pp. 75–78.
16. Sukharev A. H. (2000) Scientific basis of the concept of promoting the health of children and adolescents, *Hyhyena y sanytariya*, № 3, pp. 43–44.
17. Fedorenko V. I., Kitsula L. M. (2015) Territorial features of physical development of schoolchildren, *Dovkillia ta zdorovia*, № 2 (73), p. 14–20.
18. Serdiuka A. M. (2003) Physical development of children from different regions of Ukraine, K.: KIMO “Derkul”, Vyp. 2: Miski doshkilnyky, pp. 205–230.
19. Frolova T. V., Stenkova N. F., Borodina O. S., Siniaieva I. R. (2018) Physical development of children: assessment methods, semiotics of major disorders, *Zdorove rebenka*, T. 13, №3, pp. 288–293. doi: 10.22141/2224-0551.13.3.2018.132911.
20. Global Strategy for Womens, Childrens and Adolescents Health (2016 – 2030): 2018 Monitoring Report: current status and strategic priorities., World Health Organization. URL: <http://www.who.int/life-course/partners/global-strategy/gswcah-2018-monitoring-report/en/>.

УДК 612.822.8.

doi 10.18524/2077-1746.2020.2(47).218064

І. О. Калиниченко, д. мед. н., професор**А. С. Колесник**, викладач

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка,
Навчально-науковий інститут фізичної культури, кафедра громадського
здоров'я та медико-біологічних основ фізичної культури,
вул. Роменська 87, м. Суми, Україна, irinakalinichenko2017@gmail.com,

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ УВАГИ У ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ З РІЗНИМ РІВНЕМ ДОВІЛЬНОЇ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

Показано, що з віком у дітей реєструється підвищення значимості слухової пам'яті. Високий рівень концентрації уваги у дітей 5 років співпадає тільки із середнім рівнем слухової пам'яті і повністю співпадає із високим рівнем зорової пам'яті. Серед дітей 6 років висока концентрація уваги зустрічається у осіб з різними рівнями слухової та зорової пам'яті.

Ключові слова: дошкільний вік, пам'ять, увага, розумова продуктивність.

Урахування індивідуальних нейродинамічних та психофізіологічних особливостей кожної дитини на етапі дошкільної освіти є підґрунтям успішної адаптації до навчання та збереження психосоматичного здоров'я дітей. Дослідження науковців свідчать про те, що в освітньому процесі не завжди враховуються психофізіологічні особливості різних характеристик первинних розумових процесів (образне, логічне, наочне мислення, швидкість сприйняття, аперцепція тощо) [5, 21]. Формування механізмів довільної вибіркової (селективної) уваги припадає на 6–8 років, а саме селективна увага забезпечує безпомилкову диференціацію буквених знаків, перекодування друкованих та письмових букв (основу письма і читання) [2, 19]. Крім того, увага впливає на перебіг таких процесів, як сприйняття, уява, мислення, запам'ятовування та може розглядатися як процес, стан і властивість особистості. У свою чергу запам'ятовування, збереження та довільне відтворення інформації належать до основних функцій пам'яті [8].

Пластичність нервових процесів визначає здатність центральної нервової системи до компенсаторної перебудови структури і зв'язків нервових елементів мозку за різноманітних впливів. Отже, на нейронному і системному рівнях пластичність проявляється у процесі онтогенезу, як результат диференціації і спеціалізації нервових елементів, нейронних ансамблів, нервових центрів, наростанні їх сполучної ланки, а саме, волокнистих структур і можливості їх виборчої мобілізації та інтеграції за рахунок регулюючої системи мозку [16].

Враховуючи те, що увага тісно пов'язана з іншими когнітивними характеристиками людини та згідно з поглядами науковців (Е. В. Жуліна, О. В. Тро-

шин, Л. О. Бадалян та ін.), які виділяють види пам'яті і об'єднують їх за відповідними ознаками [2, 3, 18, 22].

Особливу тривогу викликає обговорення у суспільстві через ЗМІ можливість початку шкільного навчання з 5 років (за прикладом деяких країн ЄС), хоч відомо, що надранній початок навчання базовим видам навчальної діяльності (письмо і читання) не відповідає віковим можливостям функцій головного мозку для забезпечення пізнавального розвитку дітей дошкільного віку [19]. Тому дослідження вікових особливостей фізіологічних механізмів формування пізнавальних процесів залишається актуальним і своєчасним.

Метою дослідження було проаналізувати показники уваги у дітей дошкільного віку з різним рівнем довірливої оперативної слухової та зорової пам'яті.

Матеріали і методи дослідження

Зважаючи на складність виконання індивідуальної оцінки розумової працездатності у дітей дошкільного віку, спостереження здійснювалося за дітьми 5–6 років підготовчих груп дошкільного закладу освіти міста Суми (24 дівчинки і 22 хлопчики). Спостереження було проведено згідно з планом роботи психологічної служби закладу дошкільної освіти за письмовою згодою батьків відповідно до біоетичних норм з дотриманням законодавства України [24]. Робота з дітьми проводилася у дні з найбільш оптимальним рівнем фізіологічних функцій (вівторок, середа та четвер), з 9:00 до 12:00 [11]. Робота проводилася з кожною дитиною індивідуально, не порушуючи режиму у закладі освіти.

Для оцінки функції уваги була використана загальноприйнята психодіагностична методика «Коректурна проба» Б. Бурдона–Я. Анфімова у модифікації, що дозволяє оцінити такі показники: загальну кількість переглянутих знаків (N), загальну кількість викреслених символів (M), кількість символів, які необхідно було викреслити (n), помилково закреслені символи (O), кількість пропущених символів (P). Концентрація уваги (K) розраховувалася за формулою:

$$K = \frac{\Sigma - P - O}{n} * 100\%, \quad (1)$$

де Σ – кількість правильно закреслених символів, P – кількість пропущених символів, O – кількість помилково закреслених символів, n – кількість символів, яку необхідно було викреслити.

Точність виконання роботи (T , %) визначалася за формулою:

$$T = \frac{M - O}{M + P} \times 100\%, \quad (2)$$

де M – загальна кількість викреслених символів, O – кількість помилково закреслених символів, P – кількість пропущених символів.

Коефіцієнт розумової продуктивності (E) розраховувався за формулою

$$E = NT2, \quad (3)$$

де N – загальна кількість переглянутих символів, T – точність роботи.

Визначення показників уваги проводилось за допомогою методик у звичайному режимі, яка полягала у викреслюванні заданих літер [1].

Для інформативного вивчення пам'яті було обрано методику оцінки слухової пам'яті «Заучування 10 слів» (А. Р. Лурія, 1973). Визначення об'єму зорового довільного запам'ятовування виконано за методикою Шипіциної Л. М. [2].

Показники слухової та зорової довільної пам'яті розподілялися за рівнями (низький, середній, високий) для більш зручного аналізу.

У ході дослідження були визначені рівні окремих значень показників (у.о.): концентрація уваги (K) – низький ($\geq 28,81$), середній ($28,81-63,96$), високий ($\geq 63,96$); точність виконання роботи (T) – низький ($\leq 0,79$), середній ($0,79-0,98$), високий ($\geq 0,98$); розумова продуктивність (E) – низький ($\leq 65,06$), середній ($65,06-198,79$), високий ($\geq 198,79$).

Систематизація отриманих цифрових даних виконана за допомогою таблиць Microsoft Excel, для статистичної обробки використано пакет STATISTICA 6.0. [12]. Відмінності між показниками вважалися вірогідними при $p < 0,05-0,01$.

Результати дослідження та їх обговорення

Результати дослідження уваги у дітей дошкільного віку за загальноприйнятою методикою «Коректурна проба» Б. Бурдона–Я. Анфімова дозволили встановити статеві та вікові відмінності за деякими досліджуваними критеріями. Не зважаючи на те, що загальна кількість переглянутих знаків ($232,12 \pm 23,11$) та викреслених символів ($63,65 \pm 3,71$) у дівчаток була більшою, ніж у хлопчиків ($158,89 \pm 16,27$ та $43,83 \pm 2,71$ відповідно; $p < 0,01$), відмічено зменшення помилково закреслених знаків ($0,22 \pm 0,11$) та кількість пропущених символів ($6,13 \pm 1,27$) у хлопчиків, порівняно з дівчатками ($0,26 \pm 0,14$ та $8,09 \pm 1,80$ відповідно, $p > 0,05$), що, ймовірно, характеризує більш високий рівень точності виконання роботи хлопчиками.

У ході виконання проби діти шестирічного віку змогли більше проглянути знаків ($215,93 \pm 21,68$), ніж діти п'ятирічного віку ($174,14 \pm 17,03$; $p < 0,01$) і викреслити більше символів (6-ти річні – $60,19 \pm 3,37$ та 5-ти річні – $45,35 \pm 3,74$; $p < 0,01$).

При цьому діти шести років менше помилково закреслювали символи ($0,19 \pm 0,12$) порівняно з дітьми п'яти років ($0,30 \pm 0,13$; $p > 0,05$), хоча більше робили пропусків у пошуку відповідних символів ($8,92 \pm 1,69$), ніж п'ятирічки ($4,75 \pm 1,09$; $p < 0,05$) (табл. 1). Можна припустити, що діти старшого віку забезпечили більший об'єм виконаної роботи за рахунок зменшення точності її виконання.

Таблиця 1

Значення показників коректурної проби (абс. ч.)

Групи дітей	Показники			
	Загальна кількість переглянутих знаків, (N)	Загальна кількість викреслених символів, (M)	Помилково закреслені символи, (O)	Кількість пропущених символів, P
Діти 5 років <i>n</i> =20	174,14±0,38	45,35±3,74	0,30±0,13	4,75±1,09
Діти 6 років <i>n</i> =26	215,93±116,75 [#] <i>t</i> =27,57	60,19±3,37 [#] <i>t</i> =5,03	0,19±0,12	8,92±1,69 <i>t</i> =2,01
Дівчатка <i>n</i> =24	232,12±23,11 * <i>t</i> =28,26	63,65±3,71* <i>t</i> =5,09	0,26±0,14	8,09±1,80
Хлопчики <i>n</i> =22	158,89±16,27	43,83±2,71	0,22±0,11	6,13±1,27

Примітка: * – вірогідна різниця між дівчатками та хлопчиками ($p < 0,01$); # – вірогідна різниця між дітьми 6 та 5 років ($p < 0,01$).

У цілому діти продемонстрували середній рівень концентрації уваги (68,89±6,82 %), високий рівень показника *K* зареєстровано у 17,78±3,50 % дітей. Здатність утримувати високий рівень концентрації уваги більш притаманний дітям шести років (13,33±2,69 %) порівняно із п'ятирічками (4,44±0,94 %), ($t=2,85$, $p < 0,01$). Дівчатка були більш сконцентрованими на виконанні роботи, ніж хлопчики (15,22±3,04 % та 2,17±0,46 % відповідно; $t=29,0$; $p < 0,01$).

Точність виконання роботи у 71,11±8,31 % дітей була середнього рівня з тенденцією до перевищення питомої ваги групи з високим рівнем показника *T* у дітей 5 років (8,89±1,84 %) над групою дітей 6 років (6,67±1,40 %; $t=0,96$; $p > 0,05$). Статеві відмінності мали несуттєвий характер з тенденцією до перевищення групи дівчаток із високою точністю виконаної роботи (8,70±1,81 %) над аналогічною групою хлопчиків (6,52±1,37 %; $t=0,96$; $p > 0,05$).

Високий рівень коефіцієнта розумової продуктивності виявлено у 13,64±2,76 % дітей шести і у 4,55±0,97 % ($t=3,10$; $p < 0,01$) – п'яти років, що свідчить про вікові закономірності формування уваги, як основи пізнавальних процесів. Питома вага групи дівчаток з високим рівнем розумової продуктивності (15,56±3,11 %) була більшою за аналогічну групу хлопчиків (2,22±0,48 %; $t=3,49$; $p < 0,01$).

Відомо, що обов'язковою умовою довільної уваги є вольове зусилля, що спрямовується на обробку заданої інформації [10], тому, можна припустити, що діти з віком починають використовувати вольове зусилля для адаптації до виконання складних завдань. Крім того, дівчатка демонструють більшу здатність до ефективного виконання завдання.

Оскільки увага тісно пов'язана з іншими видами когнітивного розвитку, то важливо було встановити взаємозв'язок між величинами властивостей уваги і об'ємом зорової та слухової пам'яті.

Кількісні показники зорової довільної пам'яті суттєво не відрізнялися у групах дівчаток та хлопчиків ($4,85 \pm 1,03$ у. о. та $4,40 \pm 0,94$ у. о., відповідно, $t=0,24$; $p>0,05$) та між дітьми шести та п'яти років ($4,57 \pm 0,97$ у. о. та $4,74 \pm 1,01$ у. о., відповідно, $t=0,12$; $p>0,05$).

Встановлено, що $29,79 \pm 5,43$ % дітей 6 років мали високий рівень слухової пам'яті і $25,49 \pm 4,78$ % дітей – зорової ($t=0,59$; $p>0,05$). При цьому серед дітей п'яти років високий рівень слухової та зорової пам'яті виявлено у $21,05 \pm 4,07$ % та $31,58 \pm 5,68$ % випадках, відповідно ($t=1,51$; $p>0,05$). З віком у дітей реєструється підвищення значимості слухової пам'яті, а саме: у дітей шести років високий рівень слухової пам'яті зустрічається вже у $35,71 \pm 6,55$ % випадках, а зорової – у $21,88 \pm 4,20$ % обстежених ($t=1,78$; $p>0,05$).

Статеві відмінності не мали вірогідного характеру, проте високий рівень зорової пам'яті визначено у $33,33 \pm 5,91$ % дівчаток і $20,0 \pm 3,89$ % хлопчиків, а високий рівень слухової пам'яті, навпаки, зустрічався частіше у хлопчиків ($32,2 \pm 5,73$ %), ніж у дівчаток ($25,0 \pm 4,71$ %), ($p>0,05$).

Високий рівень концентрації уваги у дітей 5 років співпадав лише із середнім рівнем слухової пам'яті (100 %) і повністю співпадав із високим рівнем зорової пам'яті (100 %). Серед дітей шестирічного віку висока концентрація уваги забезпечується у 60 % випадків високим рівнем слухової пам'яті і 66,67 % випадків середнього рівня зорової пам'яті (відсутні особи із високим рівнем зорової пам'яті і виявлено серед вказаної групи 33,3 % осіб із низьким рівнем зорової пам'яті) (рис. 1).

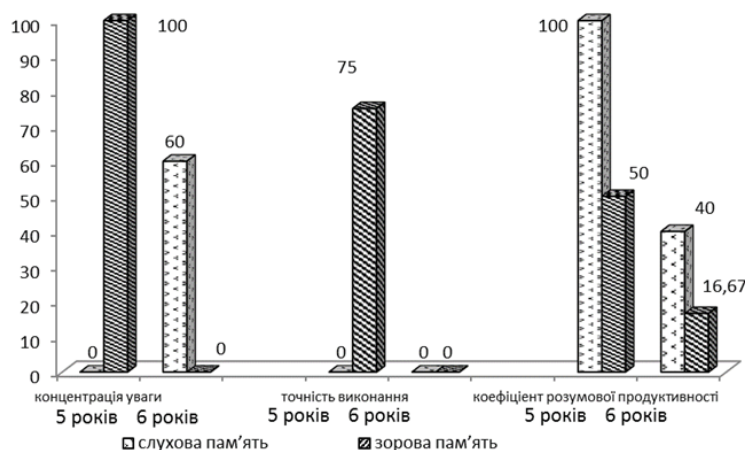


Рис. 1. Розподіл дітей 5 і 6 років з високим рівнем концентрації уваги, точності виконання завдання, коефіцієнта розумової продуктивності, у яких встановлено високий рівень зорової та слухової пам'яті (%)

Установлено, що у групах п'яти та шестирічних дітей з високим рівнем точності виконання роботи були особи тільки із середнім рівнем слухової пам'яті (відсутні діти із високим рівнем слухової пам'яті). Проте, високу точність виконання завдання у групі дітей 5 років забезпечували 75,0 % осіб із високим рівнем зорової пам'яті, аналогічну групу шестирічних обстежених повністю складали діти із середнім рівнем зорової пам'яті (відсутні діти із високим рівнем зорової пам'яті), що ймовірно, можна пояснити віковими особливостями, коли з віком забезпечення точності виконання роботи починає забезпечуватися і за рахунок слухової пам'яті.

Таким чином, дошкільний вік та молодший шкільний вік характеризується оптимальними умовами для розвитку та закріплення довільних форм діяльності, у тому числі і довільної короткочасної пам'яті, яка пов'язана із удосконаленням мозкових механізмів зорового та слухового сприйняття та переробці інформації (розвитком третинних зон кори великого мозку), регуляторних систем (лобних відділів), міждольової взаємодії.

Висновки

1. Зареєстровано більшу загальну кількість переглянутих знаків та викреслених символів у дівчаток по відношенню до хлопчиків, помилково закреслених знаків, кількість пропущених символів у хлопчиків були меншими порівняно з дівчатками, що характеризує більш високий рівень точності виконання роботи хлопчиками.

2. Здатність утримувати високий рівень концентрації уваги більш притаманний дітям шести років порівняно із п'ятирічними дітьми.

3. З віком у дітей реєструється підвищення значимості слухової пам'яті: у дітей п'яти років високий рівень слухової пам'яті зустрічається у 21,05%, а серед дітей шести – у 35,71 % від усього контингенту. Високий рівень зорової пам'яті зустрічається – у 31,58 % контингенту дітей п'яти років і 21,88 % дітей шестирічного.

4. Високий рівень концентрації уваги у дітей 5 років співпадає тільки із середнім рівнем слухової пам'яті (100 %) і повністю співпадає із високим рівнем зорової пам'яті (100 %). Серед дітей шестирічного віку висока концентрація уваги забезпечується у 60 % випадків високим рівнем слухової пам'яті і 66,67 % випадків середнього рівня зорової пам'яті (відсутні особи із високим рівнем зорової пам'яті і виявлено серед вказаної групи 33,3 % осіб із низьким рівнем зорової пам'яті).

5. Високу точність виконання завдання у групі дітей 5 років забезпечували 75,0% осіб із високим рівнем зорової пам'яті, аналогічну групу шестирічних – повністю складали діти із середнім рівнем зорової пам'яті.

Стаття надійшла до редакції 16.09.2020

Список використаної літератури

1. Андронникова Е. А. Методы исследования восприятия, внимания и памяти: Руководство для практических психологов. / Е. А. Андронникова, Е. В. Заика. – Харьков, 2011 – 161 с.
2. Артемьева В. Диагностика и коррекция развития младшего школьника. – Казань: Отечество, 2013. – 157 с.
3. Бадалян Л. О. Невропатология: учебник / Л. О. Бадалян – М.: Академия, 2003. – 384 с.
4. Возрастные и индивидуальные различия памяти / Под ред. А. А. Смирнова. – М.: Просвещение, 1967. – 299 с.
5. Волокитина Т. В. Взаимосвязь структуры интеллекта и психофизиологических параметров принятия решения у детей среднего и старшего школьного возраста / Т. В. Волокитина, Е. В. Попова, Т. В. Багрецова, Н. В. Ермакова // Экология человека. – 2016. – № 4. – С. 32–37.
6. Выготский Л. С. Психология / Л. С. Выготский. – М.: ЗКСМО Пресс, 2000. – 1008 с.
7. Занков Л. В. Память школьника её психология и педагогика : [пособие для учителей] / Л. В. Занков. – М.: Учпедгиз, 1944. – 128 с.
8. Комарова Т. К. Психология внимания: Учебн.-метод. пособие / Т. К. Комарова. – Гродно: ГрГУ, 2002. – 124 с.
9. Коробейников Г. В. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті: Монографія / Г. В. Коробейников, С. Н. Приступа, Л. Г. Коробейнікова, Ю. А. Бріскін. – Л.: ЛДУФК, 2013. – 312 с.
10. Кокун О. М. Психофізіологія. Навчальний посібник. – К: Центр навчальної літератури, 2006. – 184 с.
11. Крушельницька Я. В. Фізіологія і психологія праці: підручник / Я. В. Крушельницька – К.: КНЕУ, 2003. – 367 с.
12. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич – Киев: Морион, 2000. – 320 с.
13. Леонтьев А. Н. Лекции по общей психологии / А. Н. Леонтьев. – М.: Смысл; Академия, 2007. – 511 с.
14. Лизогуб В. С. Індивідуальні психофізіологічні особливості людини та професійна діяльність / В. С. Лизогуб // Фізіологічний журнал. – 2010. – Том 56, – № 1. – С. 148–151.
15. Макаренко М. В. Онтогенез психологічних функцій людини / М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб. – Черкаси: Вертикаль, видавець ПП Кандич С. Г., 2011. – 256 с.
16. Мантрова И. Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2007. – 216 с.
17. Нейрофизиологические механизмы внимания / ред. Е. Д. Хомская. – Москва: Издательство Московского университета, 1979. – 298 с.
18. Психопатология детского возраста / А. И. Селецкий. – К.: Высш. шк.; Главное издательство, 1987. – 296 с.
19. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д. А. Фарбер, М. М. Безруких. М.: Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2009. – 432 с.
20. Савченко Т. Л. Сутність уваги, уважливості і спостережливості як індивідуальних рис особистості / Т. Л. Савченко // Актуальні проблеми психології. – 2010. – Том V, Вип. 10. – С. 205–210.
21. Тихомирова Т. Н., Ковас Ю. В. Взаимосвязь когнитивных характеристик учащихся и успешности решения математических заданий (на примере старшего школьного возраста) // Психологический журнал. – 2013. – Т. 34. – № 1. – С. 63–73.
22. Трошин О. В., Жулина Е. В. Логопсихология: Учебное пособие. – М.: ТЦ Сфера, 2005. – 256 с.
23. Хомская Е. Д. Нейропсихология: 4-е изд / Е. Д. Хомская. – Спб.: Питер, 2005. – 496 с.

24. Додатковий протокол до Конвенції про права людини та біомедицину в галузі біомедичних досліджень (ETS N 195) [Електронний ресурс] / Страсбург. – 2005. – Режим доступу до ресурсу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_686

I. O. Kalinichenko, A. S. Kolesnyk

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Educational-Scientific Institute of Physical Culture, Department of Public Health, Medical and Biological Foundations of Physical Culture, 87, st. Romenska, Sumy, Ukraine, irinakalinichenko2017@gmail.com

EVALUATION OF ATTENTION INDICATORS IN PRESCHOOL CHILDREN WITH DIFFERENT LEVELS OF INTENTIONAL WORKING MEMORY

Abstract Introduction. Taking into account the individual psycho-physiological characteristics of each child at the stage of preschool education is the basis for successful adaptation to learning and maintaining the psychosomatic health of children. Attention is closely related to other cognitive characteristics such as visual and auditory memory, so it is important to study the features of attention of children with a leading auditory or visual analyzer.

Aim. To analyze attention spans in preschool children with varying levels of uncontrolled auditory and visual memory.

Methods. Observation was carried out on 46 children of 5-6 years of preparatory groups to the preschool educational institution in Sumy (24 girls and 22 boys). To assess the function of attention the generally accepted psychodiagnostic method "Proof-reading" by B. Bourdon - J. Anfimov was used. To assess auditory memory, the method of "Memorizing 10 words" (A. R. Luria) was chosen; visual memory was assessed by the method of L. M. Shipitsyna.

Results. The total number of characters viewed and the number of symbols crossed out for girls are higher than for boys, the number of characters erroneously crossed out, the number of missing characters for boys is lower than for girls, which probably characterizes a higher level of accuracy.

The ability to maintain a high level of concentration is more common in six-year-olds than in five-year-olds. For five-year old children the high level of auditory memory was observed in $21.05 \pm 4.07\%$ of the entire contingent, and among children of six years the high level of auditory memory was registered already in $35.71 \pm 6.55\%$ of cases, visual – in $31.58 \pm 5.68\%$ of the contingent of five-year-old children and $21.88 \pm 4.20\%$ of six-year-old children.

Conclusion. The importance of auditory memory for children increases with age. The high level of concentration of 5-year old children coincides only with the average level of auditory memory and completely coincides with the high level of visual memory. Among 6-year old children high concentration of attention occurs in people with different levels of auditory and visual memory.

Key words: preschool age; memory; attention; mental productivity.

References

1. Andronnykova E. A. (2011) *Research Methods of Perception, Attention, and Memory: A Guide for Practical Psychologists* [Metody issledovaniya vospriyatiya, vnimaniya i pamyati: Rukovodstvo dlya prakticheskikh psikhologov], Kharkov, 161 p.
2. Artemeva V. (2013) *Diagnosis and correction of the development of a primary school student* [Dyagnostika i korrekciya razvitiya mladshogo shkolnika.], Kazan: Otechestvo, 157p.
3. Badalian JI. O. (2003) *Neuropathology: a textbook* [Nevropatologiya: uchebnik], M.: Akademyia, 384 p.
4. Smyrnova A. A. (1967) *Age and individual differences in memory*. In editor. Smirnova. A. A. [Vozrastnye i individualnye razlichiya pamyati], M.: Prosveshchenye, 299 p.
5. Volokytyna T. V. (2016) «The relationship of the structure of intelligence and psychophysiological parameters of decision making in children of middle and senior school age» [«Vzaimosvyaz struktury intellekta i psihofiziologicheskikh parametrov prinyatiya resheniya u detej srednego i starshego shkolnogo vozrasta»] *Ekologiya cheloveka*, 4, pp. 32 – 37.
6. Vyhotskyi L. S. (2000) *Psihologiya* [Psikhologiya], M.: ZKSMO Press, 1008 p.
7. Zankov L. V. (1944) *The memory of the student, her psychology and pedagogy: [a manual for teachers]* [Pamyat shkolnika ee psihologiya i pedagogika : [posobie dlya uchitelej]], M. : Uchpedhyz, 128 p.
8. Komarova T. K. (2002) *Psychology of attention: Training method. Allowance* [Psihologiya vnimaniya: Uchebn.-metod. posobie], Hrodno: HrHU, 124 p.
9. Korobeinykov H. V., Prystupa Ye. N., Korobeinikova L. H., Briskin Yu. A. (2013) *Assessment of psychophysiological stations in sport: Monohrafiia* [Ocinyuvanya psihofiziologichnih staniv u sporti: Monografiya], L.: LDUFK, 2013. 312 p.
10. Kokun O. M. (2006) *Psychophysiology. Navalny pos_bnik* [Psihofiziologiya. Navchalnij posibnik.], K.: Czentr navchal'noy li'teraturi, 184 p.
11. Krushelnyska Ya. V. (2003) *Physiology and psychology of work: a textbook* [Fiziologiya i psihologiya praci: pidruchnik], K.: KNEU, 367 p.
12. Lapach S. N., Babych P. N. (2000) *Statistical methods in biomedical research using Excel* [Statysticheskiye metody v mediko-biologicheskikh yssledovaniyakh s yspolzovaniem Excel], Kyev: Moryon, 320 p.
13. Leontev A. N. (2007) *Lectures in General Psychology* [Lektsyy po obshchei psikhologiyi], M.: Smysl; Akademyia, 511 p.
14. Lizohub V. S. (2010) «*Individual psychophysiological specialties people and professional dialogue*» [«Indyvidualni psikhofiziologichni osoblyvosti liudyny ta profesiina diialnist»] *Fiziologichnyi zhurnal*, 56, 1, pp. 148 – 151.
15. Makarenko M. V., Lyzohub V. S. (2011) *Ontogenesis of psychological functions of people* [Ontohenez psikhologichnykh funktsii liudyny], Cherkasy: Vertykal, vydavets PP Kandych S. H., 256 p.
16. Mantrova Y. N. (2007) *Guidelines for psychophysiological and psychological diagnosis* [Metodycheskoe rukovodstvo po psikhofyziologicheskoi y psikhologicheskoi dyagnostyke], Yvanovo: OOO «Neirosoft», 216 p.
17. Khomskaia E. D. (1979) *Neurophysiological mechanisms of attention*. In editor Khomskaia E. D. [Neirofyziologicheskyye mekhanizmy vnimaniya], Moskva: Yzdatelstvo Moskovskogo unyversyteta, 298 p.
18. Seletskyi A. Y. (1987) *Childhood Psychopathology* [Psikhopatologiya detskogo vozrasta], K.: Vyssh. shk.; Hlavnoe yzdatelstvo, 296 p.
19. Farber D. A., Bezrukykh M. M. (2009) *The development of the brain and the formation of cognitive activity of the child*. In editor D. A Farber, M. M Bezrukykh [Razvytye mozgha y formirovaniye poznavatelnoi deiatelnosti rebenka], M.: Yzd-vo Moskovskogo psikhologo-sotsyal'nogo ynstituta; Voronezh: Yzd-vo NPO «MODЭK», 432 p.

20. Savchenko T. L. (2010) «*The essence of attention, attentiveness and observation as individual personality traits*» [«*Sutnist uvahy, uvazhlyvosti i sposterezhlyvosti yak individualnykh rys osobystosti*»], Aktualni problemy psykholohii. 5, 10, pp. 205–210.
21. Tykhomyrova T. N., Kovas Yu. V. (2013) «*The relationship of the cognitive characteristics of students and the success of solving mathematical problems (for example, high school age)*» [«*Vzaymosv'iaz kohnytyvnykh kharakterystyk uchashchykhsia y uspeshnosti resheniya matematycheskykh zadaniy (na prymere starsheho shkolnoho vozrasta)*»], Psykholohycheskyi zhurnal. 34, 1, pp. 63–73.
22. Troshyn O. V., Zhulyna E. V. (2005) *Logopsychology: A textbook* [Lohopsykholohyia: Uchebnoe posobye], M.: TTs Sfera, 256 p.
23. Khomskaia E. D. (2005) *Neuropsychology: 4th ed* [Neiropsykholohyia: 4–e yzd], Pyter, 496 p.
24. Additional Protocol to the Convention on Human Rights and Biomedicine in the Field of Biomedical Research (ETS N 195) [Elektronnyi resurs] / Strasburh. – 2005. – Rezhym dostupu do resursu: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_686.

Г. Г. Савчук, к.б.н., доцент

Л. С. Язловицька, к.б.н., доцент

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Інститут біології, хімії та біоресурсів, кафедра молекулярної генетики та біотехнології 58012, м. Чернівці, вул. Коцюбинського, 2, Україна, e-mail: g.savchuk@chnu.edu.ua

МОРФОМЕТРИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕМОЦИТІВ РОБОЧИХ БДЖІЛ *APIS MELLIFERA* L.

Проведено морфометричний аналіз клітинного складу гемолімфи робочих бджіл *Apis mellifera* (гібридів карпатської, української степової та кавказької порід). Виявлені прогемоцити, плазматокцити овальні і веретеноподібні, гранулоцити, проникні клітини 1-го і 2-го типів, перехідні форми клітин під час осінньо-зимового періоду життєдіяльності імаго. Систематизовано наукові результати щодо класифікації гемоцитів бджіл.

Ключові слова: *Apis mellifera*; гемоцити; морфометрична характеристика.

Гемоцити комах – гетерогенна популяція клітин, які відрізняються за морфологією, молекулярними й антигенними маркерами та функціями. Вони беруть участь у численних процесах, пов'язаних з життєдіяльністю комах: гістолізі й утворенні тканин у процесі метаморфозу, синтезі ряду ферментів, регенераційних і захисних процесах [11]. Гемоцити, які циркулюють у гемолімфі личинок і дорослих комах, диференціюються з клітин-попередників – прогемоцитів, що утворюються під час ембріогенезу і виробляються у мезодермальних гемопоетичних органах [18]. Гемоцити здійснюють фагоцитоз, вузликоутворення й інкапсуляцію, завдяки чому ізолюють чужорідні об'єкти органічної і неорганічної природи від внутрішнього середовища організму. Ці імунні відповіді називають клітинною ланкою імунітету. Гуморальні імунні відповіді включають вироблення антимікробних пептидів [7], знешкодження активних форм кисню і активацію профенолоксидази [8, 15]. Встановлено, що гемоцити продукують ряд гуморальних ефекторних молекул, необхідних для руйнування мікроорганізмів [18]. Частина циркулюючих гемоцитів містить життєвоважливий багатофункціональний білок вітелогенін [10].

З усіх членистоногих найбільш повно вивчені гемоцити модельних об'єктів – *Drosophila melanogaster* L. [21], *Culex pipiens quinquefasciatus* Say. [20], *Leptinotarsa decemlineata* Say. [6]. В літературі обмежені відомості про популяції імунних клітин дорослих особин медоносних бджіл, їх кастові особливості, зміни гемоцитарного складу в процесі онтогенезу. До цього часу відсутня уніфікована класифікація гемоцитів бджіл, в результаті чого науковці одні і ті

ж клітини називають по-різному. Це ускладнює порівняння результатів, отриманих різними авторами.

Враховуючи важливе сільськогосподарське та екологічне значення медоносних бджіл і розуміючи участь клітинного імунітету у забезпеченні їх здоров'я, **метою** нашого дослідження було вивчення гемоцитарного складу робочих бджіл *Apis mellifera* L.

Матеріали та методи досліджень

В експерименті використовували робочих особин *A. mellifera* осінньої генерації. Бджіл відбирали з чотирьох здорових колоній (без клінічних ознак інфекційних захворювань), районованих у Чернівецькій області (гібриди між карпатською, українською степовою та кавказькою породами). Відбір здійснювали тричі: у жовтні, листопаді і грудні, по 15 особин з кожної сім'ї. Комах знерухомлювали швидким стисканням тораксу з боків до легкого хрусту, інсуліновим шприцем проколювали черевце зверху під другим tergітом і відбирали гемолімфу. З кожної бджоли виготовляли мазки, забарвлювали їх за Романовським-Гімза [5] та аналізували під світловим мікроскопом «Biolam» при 900-кратному збільшенні (окуляр 10×, об'єктив 90×). Загальна кількість виготовлених і опрацьованих мазків становила 180. Ідентифікацію клітин гемолімфи бджіл проводили за Sapcaliu et al. [16], Mohandes et al. [12], Marringa et al. [11] та Richardson et al. [14]. За допомогою відеокамери CCD-3.0 mPx здійснювали фотографування різних типів клітин з подальшим вимірюванням поздовжнього і поперечного діаметрів клітин (Dc1, Dc2) та їхніх ядер (Dn1, Dn2). Кількість виміряних клітин кожного типу становила 50. Розподіл даних визначався за критерієм Шапіро-Уїлкі. Розміри клітин та їх ядер представлено у вигляді середнього та середньоквадратичного значень ($M \pm s$) для нормального розподілу даних та у вигляді медіани та кватилей (Me [25 %; 75 %]) для розподілу, який не відповідав нормальному.

Результати та їх обговорення

Мікроскопічний аналіз мазків гемолімфи досліджуваних бджіл виявив такі типи гемоцитів: прогемоцити, плазматоцити овальні і веретеноподібні, гранулоцити, проникні клітини, перехідні форми клітин.

Прогемоцити (рис. 1) – клітини найменшого розміру. Форма цих клітин і їх ядер округла або злегка овальна, ядро компактне, забарвлюється у темно-фіолетовий колір. Ядро практично повністю заповнює клітину, цитоплазма його оточує тонким шаром і забарвлюється в світло-фіолетовий колір. Оскільки у більшості прогемоцитів цитоплазму не видно, вимірювали лише розміри ядер (рис. 1). Середні значення поздовжнього і поперечного діаметрів ядер даних клітин становлять $5,41 \pm 0,12$ і $4,99 \pm 0,10$ мкм відповідно ($n = 50$).

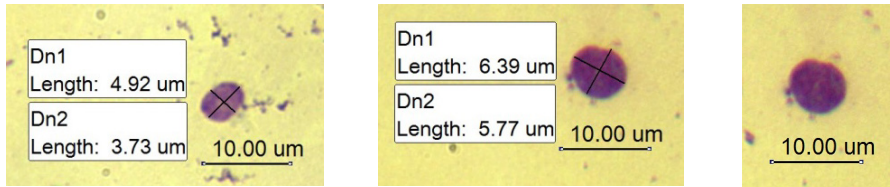


Рис. 1. Прогемоцити робочих особин *A. mellifera* (ок. 10 \times , об. 90 \times).
Dn1 і Dn2 – поздовжній і поперечний діаметри ядер відповідно

Ультраструктурні дослідження прогемоцитів [13, 18] характеризують їх як клітини з простою організацією, що містять незначну кількість елементів ендоплазматичної сітки, дрібні нечисленні мітохондрії й діктіосоми, досить велику кількість вільних рибосом. Вони утворюються у гемопоетичній тканині. Незначна диференціація, висока мітотична активність і мультипотентність характеризують прогемоцити як клітини-попередники інших типів гемоцитів.

Наступний тип клітин – плазматоцити. Частина цих клітин має овальну форму, частина – веретеноподібну, тому їх проаналізували окремо. Деякі науковці не акцентують увагу на формі цих клітин [11, 12, 14], об'єднуючи їх в одну групу – плазматоцити, а деякі виділяють овальні і веретеноподібні форми [3, 16]. На рис. 2-а представлено овальні плазматоцити робочих особин *A. mellifera*. Дані клітини овальної форми мають розмір більший, ніж розмір прогемоцитів. Ядро в них округле, частіше овальне, темно-рожевого чи рожево-фіолетового кольору, розміщене переважно у центрі клітини. Хроматин ядра розташований нерівномірно, а скупчується у вигляді зерен. Кількість цитоплазми може бути різною, однак у значної частини овальних плазматоцитів об'єм цитоплазми більший за об'єм ядра. Цитоплазма прозора, містить світло-рожеві чи світло-фіолетові дрібні гранули, інколи – вакуолі. Середні значення поздовжнього і поперечного діаметрів ядер овальних плазматоцитів становлять $7,64 \pm 0,13$ і $4,09 \pm 0,11$ мкм, а клітин – $12,02 \pm 0,15$ і $7,03 \pm 0,12$ мкм відповідно ($n = 50$). У більшості овальних плазматоцитів цитоплазматична мембрана добре візуалізується, а в деяких видно лише ядро. Можливо, це клітини, які піддаються апоптозу.

Ультраструктурні дослідження виявляють у плазматоцитах чисельні рибосоми і мітохондрії, гранулярну ендоплазматичну сітку, вакуолі і слабо розвинений комплекс Гольджі [13, 18]. Плазматоцити також відносять до проліферативного пулу клітин гемолімфи, оскільки вони зберігають здатність до мітозу, хоч і менш виражену, ніж у прогемоцитів. Для зрілих плазматоцитів характерним є формування псевдоподій, що зумовлює їх участь у фагоцитозі й інкапсуляції [2]. Для виконання фагоцитарних функцій більшість цих клітин містять лізосомальні ферменти [14]. У деяких плазматоцитах виявляється пероксидазна, естеразна і фенолоксидазна активність [18].

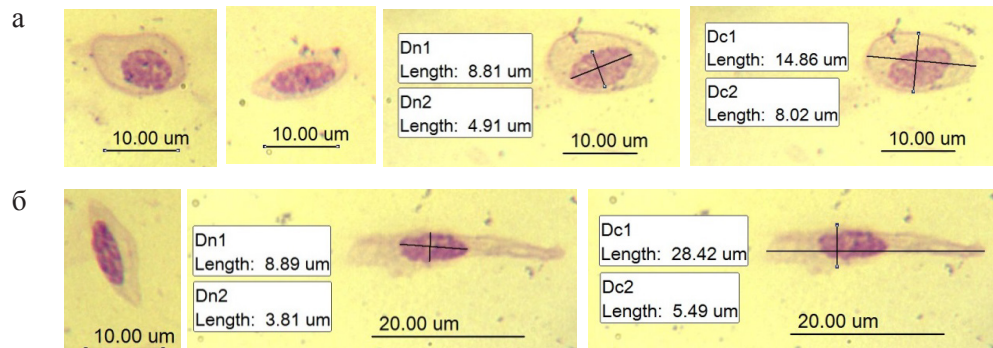


Рис. 2. Овальні (а) і веретеноподібні (б) плазматоцити робочих особин *A. mellifera* (ок. 10 \times , об. 90 \times). Dn1 і Dn2 – поздовжній і поперечний діаметри ядер, Dc1 і Dc2 – поздовжній і поперечний діаметри клітини відповідно

Веретеноподібні плазматоцити представлені на рис. 2-б. Це клітини продовгуватої форми з загостреними кінцями. Середня частина цих клітин розширена, тут міститься ядро овальної форми. Хроматин ядра, як і в овальних плазматоцитах, конденсований у вигляді зерен. Веретеноподібні плазматоцити барвником зафарбовуються в рожево-фіолетовий колір, ядро значно темніше, ніж цитоплазма. У цитоплазмі наявні вакуолі. Клітинна мембрана у більшості клітин добре проглядається. Поздовжній і поперечний діаметри ядер даних клітин становлять $8,42 \pm 0,08$; $4,26 \pm 0,07$ мкм, а розміри клітин – $15,30 \pm 0,21$; $5,21 \pm 0,16$ мкм відповідно ($n = 50$). Гайфуллина и др. [3] називають веретеноподібні плазматоцити веретеноподібними фагоцитами і вважають, що вони набувають веретеноподібної форми у процесі спеціалізації молодих клітин – прогемоцитів чи диференціюються з амебоїдних фагоцитів. Своїми довгими кінцями веретеноподібні плазматоцити можуть охоплювати мікроорганізми з їх подальшим фагоцитозом.

На мазках гемолімфи досліджуваних робочих бджіл зустрічаються гранулоцити (рис. 3). Ці клітини мають велике ядро округлої чи злегка овальної форми, забарвлене у рожево-фіолетовий колір. Розміри ядер значно коливаються: поздовжній діаметр – від 10,85 до 19,85 мкм (11,00 [10,88; 12,79]), а поперечний – від 8,24 до 19,63 мкм (10,09 [9,42; 11,47]). Більшість виявлених гранулоцитів дегранульовані, тобто клітинна мембрана не візуалізується, а навколо ядра містяться окремі ділянки цитоплазми.

За даними наукової літератури, гранулоцити – це клітини, що містять в цитоплазмі специфічні включення метаболічного характеру [13]. Вони першими контактують з чужорідним об'єктом в гемолімфі. При контакті гранулоцитів з бактеріями відбувається лізис і деградація клітин, в результаті чого виділений матеріал прилипає до поверхні мішені, а деградовані клітини утворюють агрегати. Вони виділяють хемоатрактанти, що приваблюють плазматоцити і викликають появу адгезійних молекул на їх поверхні, внаслідок чого ініціюється-

ся процес капсулоутворення навколо патогену [18]. Дослідження фагоцитарної активності гемоцитів бджіл виявило, що фагоцитоз здійснюється переважно гранулоцитами. Також ці клітини проявляють мітотичну активність, що свідчить про продовження гемопоєзу внаслідок поділу циркулюючих гемоцитів в гемолімфі [14].

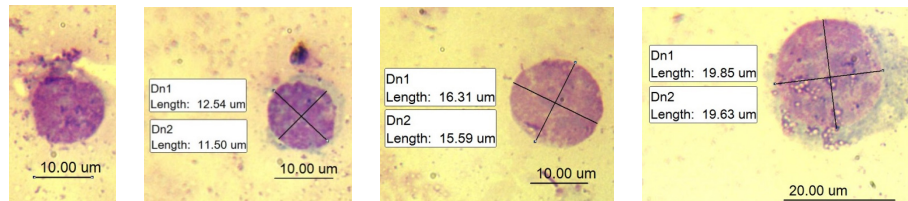


Рис. 3. Гранулоцити робочих особин *A. mellifera* (ок. 10×, об. 90×).
Dn1 і Dn2 – поздовжній і поперечний діаметри ядер клітин

Можливо, виявлені гранулоцити, які не мають чітко вираженої цитоплазматичної мембрани і цитоплазми з гранулами – це дегранульовані гранулоцити внаслідок зустрічі зі спорами *Nosema apis*, які зустрічалися у різній кількості на мазках гемолімфи бджіл. У науковій літературі зазначається, що у гемолімфі зимуючих бджіл з'являються мікроорганізми, кількість яких зростає до кінця зими. Після зимівлі вони із гемолімфи зникають [1].

Marringa et al. [11] у гемолімфі бджіл виявили значну кількість «permeabilized cells» – клітин с порушеною проникністю цитоплазматичної мембрани (проникні клітини). Їх так названо через здатність забарвлюватися пропідій йодидом, який використовують як маркер життєздатності клітин. Припускають, що проникні клітини можуть бути залучені до запрограмованої клітинної загибелі або некрозу. Розрізняють проникні клітини двох типів. Проникні клітини 1-го типу не мають чітко вираженої цитоплазматичної мембрани, містять невелику кількість цитоплазми, кругле чи дещо овальне ядро; у проникних клітин 2-го типу наявна плазматична мембрана, вони мають амебоїдну форму і більший розмір порівняно з проникними клітинами 1-го типу.

На рис. 4-а відображені проникні клітини 1-го типу, ядра яких мають округлу чи овальну форму, забарвлені в рожево-фіолетовий колір. Цитоплазма і мембрана чітко не проглядаються. У досліджуваних бджіл поздовжній діаметр ядер цих клітин становить $7,64 \pm 0,26$ мкм; поперечний – $6,75 \pm 0,24$ мкм ($n = 50$), а за даними Marringa et al. [11] середнє значення поздовжнього діаметру цих клітин становить $3,99 \pm 0,08$ мкм ($n = 12$), тобто розмір виявлених проникних клітин 1-го типу значно перевищує такий клітин, описаних Marringa et al.

Виявлені і проникні клітини 2-го типу (рис. 4-б) амебоїдної форми. У зв'язку з особливостями форми вимірювали розміри лише ядер цих клітин. Середні значення поздовжнього і поперечного діаметрів ядер проникних клітин становлять $7,31 \pm 0,21$ і $6,56 \pm 0,23$ мкм відповідно ($n = 50$), тоді як за даними

Marringa et al. [11] поздовжній діаметр цих клітин дорівнює $3,78 \pm 0,12$ мкм ($n = 12$). Отже, проникні клітини 2-го типу досліджуваних бджіл, як і проникні клітини 1-го типу, мають більші розміри порівняно з аналогічними клітинами, виявленими Marringa et al. [11].

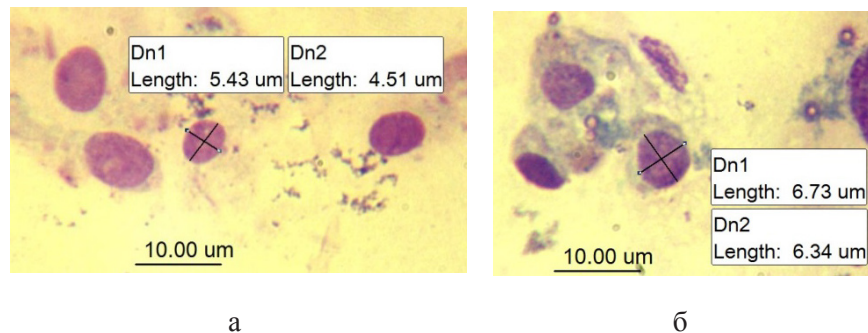


Рис. 4. Проникні клітини 1-го (а) і 2-го (б) типів робочих особин *A. mellifera* (ок. $10\times$, об. $90\times$).
Dn1 і Dn2 – поздовжній і поперечний діаметри ядер

У гемолімфі робочих особин *Apis mellifera* зустрічаються також перехідні форми клітин, які морфологічно відрізняються від диференційованих. Присутність перехідних форм між прогемоцитами, плазматоцитами і гранулоцитами підтверджує «single-cell theory», відповідно до якої типи гемоцитів – це послідовні етапи диференціації стовбурових клітин – прогемоцитів. При цьому клітини, які знаходяться на відповідному етапі диференціації, виконують специфічні функції [13].

Аналіз літературних даних свідчить про те, що різні автори, в залежності від методичних підходів у дослідженнях клітинного складу гемолімфи медоносних бджіл, описують різну кількість типів гемоцитів (табл. 1). Це може бути також зумовлено сезоном досліджень, породною приналежністю, віком бджіл, різними методологічними підходами, використанням різних класифікацій гемоцитів.

Зокрема, Запольских [4] ідентифіковано такі типи гемоцитів: пролейкоцити (прогемоцити), нейтрофільні та еозинофільні фагоцити, сферулоцити, еноцити. Порівнюючи морфологічні ознаки цих клітин з виглядом гемоцитів, виявлених у даному дослідженні, можна відмітити, що за морфологічними ознаками нейтрофільні фагоцити подібні до плазматоцитів веретеноподібних, а еозинофільні фагоцити – до плазматоцитів овальних, сферулоцитів і еноцитидів виявлено не було (табл. 1).

При дослідженні гемоцитів деяких порід бджіл методами проточної цитометрії й мікроскопії, за допомогою маркування гемоцитів пропідій йодидом (PI) й аглютиніном зародків пшениці (WGA) виявлено чотири типи клітинних елементів: плазматоцити (зв'язують WGA, але не зв'язують PI, мають найбіль-

Таблиця 1

Типи гемоцитів *Apis mellifera*, представлені в наукових публікаціях

Типи гемоцитів	Запольских [4]	Szymaś, Jędruszek [19]	Sarcaliu et al. [16]	Mohandes et al. [12]	Maringa et al. [11]	Гайфуллина и др. [3]	Richardson et al. [14]	Наші дані
Прогемоцити	+	-	+	+	-	+	-	+
Плазматочити	-	+	+(овальні і верете подібні)	+	+	+(макронуклеоцити)	+	+(овальні і верете подібні)
Гранулоцити	-	+	+	+	-	+(фагоцити амебодної і веретенподібної форм)	+	+
Проникні клітини	-	-	-	-	+(1-го і 2-го типів)	-	+	+(1-го і 2-го типів)
Коагулоцити	-	-	+	+	-	-	-	-
Еноцити	+	-	+	+	-	+	-	-
Мікрочастинки	-	-	-	-	+	-	-	-
Нейтрофільні фагоцити	+	-	-	-	-	-	-	-
Еозинофільні фагоцити	+	-	-	-	-	-	-	-
Сферулоцити	+	-	+	-	-	+	-	-
Еозинофіли	-	-	+	-	-	-	-	-
Базофіли	-	-	+	-	-	-	-	-
Нейтрофіли	-	-	+	-	-	-	-	-
Пікноцити	-	-	+	-	-	-	-	-
Макроцити	-	-	+	-	-	-	-	-
Мікроцити	-	-	+	-	-	-	-	-

ший розмір); проникні клітини 1-го типу (маркуються PI, однак не маркуються WGA, мають проміжні значення розміру й оптичної густини відносно інших клітинних елементів); проникні клітини 2-го типу (маркуються як PI, так і WGA, клітини більшого розміру); мікрочастинки (не зв'язують флуоресцентні речовини, найменшого розміру) [11]. На мазках гемолімфи досліджуваних бджіл також ідентифіковано плазматоцити (овальної і веретеноподібної форм), проникні клітини 1-го і 2-го типів (табл. 1).

Морфологічне та функціональне вивчення гемоцитів личинок і молодих робочих особин *Apis mellifera* цитоспіновим методом (приготуванням клітинного мазка гемолімфи шляхом центрифугування) виявило гранулоцити, плазматоцити і проникні клітини [14]. Проникними клітинами автори називають гранулоцити і плазматоцити, які піддаються лізису, деградації і постійно зустрічаються як у дорослих бджіл, так і у личинок (табл. 1). Виявлені овальні плазматоцити подібні до плазматоцитів, зображення яких представлено в статті, а гранулоцити у досліджуваних бджіл здебільшого дегранульовані, в яких чітко видно ядро, а мембрана і цитоплазма з гранулами не візуалізуються.

Mohandes et al. [12] у гемолімфі молодих робочих бджіл виявили п'ять типів гемоцитів: прогемоцити, плазматоцити, гранулоцити, коагулоцити, еноцитоїди. Sarpaliu et al. [16] у гемолімфі здорових медоносних бджіл ідентифікували такі ж морфологічні типи клітин, однак популяцію плазматоцитів розділили на підтипи: проміжні, овальні і веретеноподібні. Szymas, Jędruszek [19], досліджуючи гемолімфу молодих робочих особин *A. mellifera* на початку літа, описують лише два типи гемоцитів – плазматоцити, які ще називають прогемоцитами, та гранулярні гемоцити, а решту типів, які є малочисельними, об'єднують у групу «інші гемоцити». У гемолімфі робочих особин *A. mellifera* L. темної лісової і кавказької бджіл, а також їх гібридів, ідентифіковано прогемоцити, амебоїдні і веретеноподібні фагоцити, макронуклеоцити, сферулоцити й еноцитоїди [3] (табл. 1).

Навіть одні і ті ж автори використовують різні назви для одних і тих самих клітин. Наприклад, Гайфулліна [2] використовує такі назви клітин – плазматоцити, гранулоцити амебоїдної і веретеноподібної форм, а в іншій публікації [3] ці ж клітини називає відповідно макронуклеоцитами, амебоїдними і веретеноподібними фагоцитами.

Отже, при ідентифікації гемоцитів *Apis mellifera* науковці використовують морфологічні, гістохімічні, функціональні характеристики, застосовують антигенні і молекулярні маркери, в результаті чого одні й ті ж клітини називають по-різному.

Висновки

У гемолімфі робочих особин *Apis mellifera* L. (міжпородних гібридів карпатської, української степової та кавказької порід) в осінньо-зимовий період виявлено шість типів клітин з такими розмірами ядер та клітин (поздовжній

і поперечний діаметри): прогемотцити (ядра – $5,41 \pm 0,12$ і $4,99 \pm 0,10$ мкм), овальні плазматотцити (ядра – $7,64 \pm 0,13$ і $4,09 \pm 0,11$ мкм, клітини – $12,02 \pm 0,15$ і $7,03 \pm 0,12$ мкм), веретеноподібні плазматотцити (ядра – $8,42 \pm 0,08$ і $4,26 \pm 0,07$; клітини – $15,30 \pm 0,21$ і $5,21 \pm 0,16$ мкм), гранулоцити (ядра – $11,00$ [10,88; 12,79] і $10,09$ [9,42; 11,47] мкм), проникні клітини 1-го типу (ядра – $7,64 \pm 0,26$ мкм і $6,75 \pm 0,24$ мкм), проникні клітини 2-го типу (ядра – $7,31 \pm 0,21$ і $6,56 \pm 0,23$ мкм).

Подяка

Автори висловлюють подяку проф. І.І. Панчук за участь в обговоренні отриманих результатів.

Стаття надійшла до редакції 14.10.2020

Список використаної літератури

1. Гайдар В. А. Карпатська порода бджіл та її типи / В. А. Гайдар // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2006. – Вип. 94. – С. 30–35.
2. Гайфуллина Л. Р. Действие имидаклоприда на клеточную иммунную систему медоносной пчелы (*Apis mellifera* L.) / Л. Р. Гайфуллина // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2013. – №3. – С. 11–15.
3. Гайфуллина Л.Р. Различия в формировании клеточного иммунного ответа у разных подвидов пчел республики / Л. Р. Гайфуллина, Е. С. Салтыкова, А. Г. Николенко // Темная лесная пчела *Apis mellifera mellifera* L. Республики Башкортостан. – Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2015. – С. 183–193.
4. Запольских О. В. Морфологический и цитохимический анализ клеток гемолимфы рабочей пчелы / О. В. Запольских // Цитология. – 1976. – Т. XVIII, № 8. – С. 956–963.
5. Кистерна О. С. Особливості підготовки мазків гемолимфи бджоли-імаго / О. С. Кистерна, В. В. Гаркава, О. В. Мусієнко // Біологія тварин. – 2014. – Т. 16, № 4. С. 118. <http://doi.org/10.15407/animbiol16.04>
6. Савчук Г. Г. Морфология клеток гемолимфы личинок *Leptinotarsa decemlineata* Say / Г. Г. Савчук // Экологический мониторинг и биоразнообразие. – 2010. – Т. 5, № 1. – С.99–101.
7. Danihlik J. Antimicrobial peptides: a key component of honey bee innate immunity / J. Danihlik, K. Aronstein, M. Petrivalsky // Journal of apicultural research. – 2016. – P. 1-14. <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.2015.1109919>.
8. Gatschenberger H. Honey bee drones maintain humoral immune competence throughout all life stages in the absence of vitellogenin production / H. Gatschenberger, O. Gimble, J. Tautz, H. Beier // J. exp. biol. – 2012. – Vol. 215. – P. 1313–1322. doi:10.1242/jeb.065276.
9. Hillyer J. F. Insect immunology and hematopoiesis / J. F. Hillyer // Developmental and comparative immunology. – 2016. – V. 58. – P. 102–118. doi: 10.1016/j.dci.2015.12.006.
10. Hystad E. M. Hemocyte-mediated phagocytosis differs between honey bee (*Apis mellifera*) worker castes / E. M. Hystad, H. Salmela, G. V. Amdam et al. // PLoS ONE. – 2017. – № 12 (9). – P. 1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0184108.
11. Marringa W. J. Honey bee hemocyte profiling by flow cytometry / W. J. Marringa, M. J. Krueger, N. L. Burritt, J. B. Burritt // PLoS ONE. – 2014. – Vol. 9. – № 10. – P. 1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0108486.
12. Mohandes S. S. El. Effect of different feeding diets on the haemolymph of the newly emerged

- honeybee workers *Apis mellifera* L. / S. S. El. Mohandes; E. A. Nafea, A. M. Fawzy // Egypt. acad. j. biolog. sci. – 2010. – Vol. 3 (1). – P. 213–220. doi: 10.21608/EAJBSA.2010.15257.
13. Ribeiro C. Insect haemocytes – what type of cell is that? / C. Ribeiro, M. Brehelin // Journal of Insect Physiology. – 2006. – Vol. 52. – P. 417–429. doi: 10.1016/j.jinsphys.2006.01.005.
14. Richardson R. T. Morphological and functional characterization of honey bee, *Apis mellifera*, hemocyte cell communities / R. T. Richardson, M. N. Ballinger, F. Qian, J. W. Christman, R. M. Johnson // Apidologie. – 2018. – Vol. 49. – P. 397–410. doi: 10.1007/s13592-018-0566-2.
15. Rosales C. Cellular and Molecular Mechanisms of Insect Immunity / C. Rosales // Insect Physiology and Ecology. – 2017. – P. 179–212. doi: 10.5772/67107.
16. Sapcaliu A. Research regarding haemocyte profile from *Apis mellifera* carpatica bee haemolymph originated in the south of Romania / A. Sapcaliu, I. Rădoi, P. Pavel C. rengula et al. // Lucrari stiintifice medicina veterinara. – 2009. – Vol. XLII. – P. 393–398.
17. Schmid M. R. Adult honeybees (*Apis mellifera* L.) abandon hemocytic, but not phenoloxidase-based immunity / M. R. Schmid, A. Brockmann, C. W. W. Pirk, D. W. Stanley, J. Tautz // Journal of insect physiology. – 2008. – Vol. 54. – P. 439–444. doi: 10.1016/j.jinsphys.2007.11.002.
18. Strand M. R. The insect cellular immune response / M. R. Strand // Insect Science. – 2008. – № 15. – P. 1–14. doi: 10.1111/j.1744-7917.2008.00183.x.
19. Szymaś B. The influence of different diets on haemocytes of adult worker honey bees, *Apis mellifera* / B. Szymaś, A. Jędruszek // Apidologie. – 2003. – Vol. 34. – P. 97–102. doi: 10.1051/apido:2003012.
20. Wang Z. A systematic study on hemocyte identification and plasma prophenoloxidase from *Culex pipiens quinquefasciatus* at different developmental stages / Z. Wang, A. Lu, X. Li et al. // Experimental Parasitology. – 2011. – Vol. 127. – P. 135–141. doi: 10.1016/j.expara.2010.07.005.
21. Williams M. J. Drosophila hemopoiesis and cellular immunity / M. J. Williams // J. immunol. – 2007. – Vol. 178. – P. 4711–4716. doi: 10.4049.

G. G. Savchuk, L. S. Yezhovitska

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Department of Molecular Genetics and Biotechnology, 58012 Kotsiubynski str. 2, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: g.savchuk@chnu.edu.ua

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF HEMOCYTES IN WORKER BEES *APIS MELLIFERA* L.

Abstract

Introduction. Hemocytes of bees perform many functions. Cellular immunity is one of the most important among them. This part of the immune system provides wound healing, protection against parasites and pathogens. Research of hemocytes composition is important for the study of the cellular component of bee immunity under the influence of biotic and abiotic factors.

Aim. The aim of our research was to study the hemocytes composition of worker bees *Apis mellifera* L.

Methods. Insects were selected from the colonies zoned in Chernivtsi region. Then hemolymph was selected, smears were made, fixed and stained, and microscopy was performed. Longitudinal and transverse diameters were measured in the identified hemolymph cells and their nuclei.

Results. The detected prohemocytes are the cells of the smallest size, of round or oval shape, with a compact nucleus stained in dark purple. The cytoplasm surrounds the nucleus with a thin layer. Longitudinal and transverse diameters of prohemocyte nuclei are 5.41 ± 0.12 and 4.99 ± 0.10 μm . Some of the detected plasmatocytes are oval-shaped, others are spindle-shaped. The nuclei of plasma cells, located mainly in the center of the cells, are stained in dark pink or pink-purple. Chromatin is condensed in the form of grains. The cytoplasm is transparent. It contains light pink or light purple small granules, sometimes it contains vacuoles. The average values of the longitudinal and transverse diameters of oval plasmatocytes are 12.02 ± 0.15 and 7.03 ± 0.12 μm and for their nuclei they are 7.64 ± 0.13 and 4.09 ± 0.11 μm . The average values of the longitudinal and transverse diameters of spindle-shaped plasmatocytes are 15.30 ± 0.21 ; 5.21 ± 0.16 μm , and for their nuclei they are 8.42 ± 0.08 ; 4.26 ± 0.07 . The granulocytes have a large round or oval pink-purple nucleus. The dimensions of the nucleus vary considerably: the longitudinal diameter is from 10.85 to 19.85 μm , and the transverse diameter is from 8.24 to 19.63 μm . Longitudinal and transverse diameters of the 1st type permeabilized cells nuclei are 7.64 ± 0.26 μm and 6.75 ± 0.24 μm , permeabilized cells of the 2nd type have an amoeboid shape with the longitudinal and transverse nucleus diameters 7.31 ± 0.21 and 6.56 ± 0.23 μm . Transitional form of cells are morphologically different from differentiated cells.

Conclusion. Prohemocytes, oval and spindle-shaped plasmatocytes, granulocytes, permeabilized cells and transitional cell forms were detected in hemolymph of worker honey bees during the autumn-winter period.

Key words: *Apis mellifera*; hemocytes; morphometric characteristic

References

1. Haidar V. A. (2006) «Carpathian breed of bees and its types» [«Karpatska poroda bdzhil ta yii typu»]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 94, pp 30–35.
2. Gaifullina L. R. (2013) «Imidacloprid effect on the cellular immune system of honeybee (*Apis mellifera* L.)» [«Dejstvie imidakloprida na kletochnuju immunnuju sistemu medonosnoj pchely (*Apis mellifera* L.)»]. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo centra RAN*, 3 pp 11–15.
3. Gaifullina L. R., Saltykova E. S., Nikolenko A. G. (2015) «Dark forest bee *Apis mellifera mellifera* L. of the republic of Bashkortostan» [«Razlichija v formirovanii kletochnogo immunnogo otveta u raznyh podvidov pchel respubliky . Temnaja lesnaja pchela *Apis mellifera mellifera* L. respubliky Bashkortostan»]. Ufa, Gilem, Bashk. jencikl., pp 183–193.
4. Zapol'skih O. V. (1976) «Morphological and cytochemical analysis of hemolymph cells of a working bee» [«Morfologicheskij i citohimicheskij analiz kletok gemolimfy rabochej pchely»]. *Tsitologiya*, XVIII(8), pp 956–963.
5. Kysterna O. S., Harkava V. V., Musiienko O. V. (2014) «Features of preparation of smears of hemolymph of an imago bee» [«Osoblyvosti pidhotovky mazkiv hemolimfy bdzholy-imaho»]. *The Animal Biology*, 16 (4), 118. <http://doi.org/10.15407/animbiol16.04>
6. Savchuk G. G. (2010) «Morphology of cells of hemolymph of *Leptinotarsa decemlineata* Say larvae» [«Morfologija kletok gemolimfy lichinok *Leptinotarsa decemlineata* Say»]. *Jekologicheskij monitoring i bioraznoobrazie*, 5(1), pp 99–101.
7. Danihlik J., Aronstein K., Petrivalsky M. (2016) «Antimicrobial peptides: a key component of honey bee innate», *J. of Apicult. Research*. pp 123–136. DOI: 10.1080/00218839.2015.1109919.
8. Gatschenberger H., Gimple O., Tautz J., Beier H. (2012) «Honey bee drones maintain humoral immune competence throughout all life stages in the absence of vitellogenin production», *J. Exp. Biol.*, 215, pp 1313–1322. DOI: 10.1242/jeb.065276.

9. Hillyer J. F. (2016) «Insect immunology and hematopoiesis» *Developmental and comparative immunology*, 58: pp. 102–118. DOI: 10.1016/j.dci.2015.12.006
10. Hystad E. M., Salmela H., Amdam G. V., Münch D. (2017) «Hemocyte-mediated phagocytosis differs between honey bee (*Apis mellifera*) worker castes». *PLoS ONE*, 12 (9), pp. 1–17. DOI: c
11. Marringa W. J., Krueger M. J., Burritt N. L., Burritt J. B. (2014) «Honey bee hemocyte profiling by flow cytometry». *PLoS ONE*, 9 (10), pp. 1–10. DOI: 10.1371/journal.pone.0108486.
12. Mohandes S. S. El., Nafea E. A., Fawzy A.M. (2010) «Effect of different feeding diets on the haemolymph of the newly emerged honeybee workers *Apis mellifera* L.» *Egypt. Acad. J. Biol. Sci.*, 3 (1), pp. 213–220. DOI: 10.21608/EAJBSA.2010.15257.
13. Ribeiro C., Brehelin M. (2006) «Insect haemocytes – what type of cell is that?» *J. Insect Physiol.*, 52, pp. 417–429. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2006.01.005.
14. Richardson R. T., Ballinger M. N., Qian F., Christman J. W., Johnson R. M. (2018). «Morphological and functional characterization of honey bee, *Apis mellifera*, hemocyte cell communities». *Apidologie*, 49, pp. 397–410. DOI: 10.1007/s13592-018-0566-2.
15. Rosales C. (2017) «Cellular and Molecular Mechanisms of Insect Immunity». *Insect Physiol. & Ecol.* pp. 179–212. DOI: 10.5772/67107.
16. Sapcaliu A., Rădoi I., Pavel C., Tudor N., Căuia E., Siceanu A., Meiu F. (2009) «Research regarding haemocyte profile from *Apis mellifera* carpatica bee haemolymph originated in the south of Romania». *Lucrari stiintifice Universitatea de Stiinte Agricole a Banatului Timisoara, - Medicina veterinara*, XLII, 2, pp. 393–397.
17. Schmid M. R., Brockmann A., Pirk C. W. W., Stanley D. W., Tautz J. (2008) «Adult honeybees (*Apis mellifera* L.) abandon hemocytic, but not phenoloxidase-based immunity». *J. Insect Physiol.*, 54, pp. 439–444. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2007.11.002.
18. Strand M. R. (2008) «The insect cellular immune response». *Insect Science*. 15, pp. 1–14. DOI: 10.1111/j.1744-7917.2008.00183.x.
19. Szymaś B., Jędruszek A. (2003) «The influence of different diets on haemocytes of adult worker honey bees, *Apis mellifera*». *Apidologie*, 34, pp. 97–102. DOI: 10.1051/apido:2003012.
20. Wang Z., Lu A., Li X., Shao Q., Beerntsen B.D., Liu C., Ma Y., Huang Y., Zhu H., Ling E. (2011) «A systematic study on hemocyte identification and plasma prophenoloxidase from *Culex pipiens quinquefasciatus* at different developmental stages» *Experimental Parasitology*, 127, pp. 135–141. DOI: 10.1016/j.exppara.2010.07.005.
21. Williams M. J. (2007) «*Drosophila* hemopoiesis and cellular immunity». *J. Immunol.* 178, pp. 4711–4716. DOI: 10.4049.

З'ЇЗДИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ



Матеріали «Біологічної секції Гамовської конференції 2020»

У межах XX Міжнародної Гамовської конференції-школи, що мала назву «Астрономія та за її межами: астрофізика, космологія та гравітація, фізика високих енергій, фізика астрочастинок, радіоастрономія та астробіологія» й проходила з 9 по 16 серпня 2020 р. у Одеському національному університеті імені І.І. Мечникова (м. Одеса, Україна), 13.08.2020 відбувалася робота Біологічної секції: «Важливість ідей Г. Гамова для біології 21-ого століття».

У роботі секції брали участь відомі науковці, аспіранти та студенти, що ведуть дослідження в області молекулярної біології, генетики з України, Казахстану, Німеччини. Секція проводила свою роботу в on-line режимі на платформі Zoom. Було представлено 14 усних доповідей, серед них доповіді – «Просторовий генетичний код: структурна організація хроматину в клітинному ядрі» – професора, д.б.н. А.В. Сиволоба – автора відомого сучасного підручника «Молекулярна біологія» (кафедра загальної та медичної генетики навчально-наукового центру «Інституту біології та медицини», Університет імені Т. Шевченка, м. Київ); «Молекулярний поліморфізм генів цитохром С оксидази та поширення видів *Apis mellifera* в Україні» – професора, д.б.н. Р.А. Волкова – завідувача кафедри молекулярної генетики та біотехнології Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича; доповідь «Молекулярна селекція злаків: здобутки та перспективи» к.б.н. В.М. Корзуна – провідного співробітника по міжнародним науковим відносинам однієї з найбільших селекційних фірм Європи – KWS SAAT SE & Co. KGaA (м. Айнбек, Німеччина), професора Р.М. Календаря – випускника ОНУ, завідувача лабораторією геноміки рослин та біоінформатики Національного біотехнологічного центру (м. Нур-Султан, Казахстан), який більше 10 років займався молекулярно-генетичними розробками в Університеті м. Гельсінкі (Фінляндія); доповідь д.с.-г.н. Н.А. Мулюкіної – заступника директора з науки Національного наукового центру Інституту виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова НААН України та ще багато інших цікавих доповідей.

Відмічаємо високу якість та актуальність виконаних на сучасному рівні досліджень та доповідей молодих та починаючих науковців: О.В. Ридкіна зі співавторами з Львівського Національного університету імені Івана Франка (м. Львів, Україна), які розглядали «Мутації генів посттранскрипційної модифікації тРНК *miaA* і *miaB*, що ведуть до зміни реакцій на стресові чинники у *Streptomyces albus* SAM2»; доповідь Д. Сірохи і співавторів, в якій були представлені результати роботи з повноекзомного секвенування та його аналізу, що виконані у спільних наукових дослідженнях у трьох наукових установах м. Києва – в Інституті молекулярної біології та генетики НАН, Інституті харчової біотехнології та геноміки НАН України, та Українському науково-прак-

тичному центрі ендокринної хірургії, трансплантації ендокринних органів та тканин МОЗ України – у доповіді було присвячено увагу "Аналізу патогенних мутацій, виявлених за результатами повноекзомного секвенування зразків пацієнтів з орфаними хворобами»; зацікавили доповіді – к.б.н. М. Нестеркіної із співавторами «Генотоксичний ефект терпеноїдів та їх похідних на *Drosophila melanogaster*» (Одеський національний політехнічний університет та ОНУ імені І. І. Мечникова) й аспірантки О.О. Іщенко «Застосування 5S рДНК для з'ясування таксономічного статусу *Avenella .exuosa*» (Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича). На високому науковому рівні були представлені роботи аспірантів кафедри генетики та молекулярної біології ОНУ імені І. І. Мечникова – Попович Ю. А., Топораша М. К., Жарікової Д.О. В умовах напруженої епідеміологічної ситуації спричиненої поширенням COVID-19, актуальною була доповідь к.б.н. Т. Г. Вербицької (Інститут стоматології та щелепно-лицевої хірургії, м. Одеса, Україна) про «Молекулярні механізми патогенезу COVID-19».

Як позитивну рису роботи біологічної секції було відмічено багатоплановість охопленої тематики, що має генетичне підґрунтя, та перспективність досліджень, що виконуються на стику наук, а також зручність проведення конференцій on-line в умовах пандемії. Тези наукових доповідей наведені нижче.

UDK 577.212.2:

Sivolob A. V.

ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, проспект Академіка Глушкова, 2, м. Київ, 03022, Україна, sivolob@univ.kiev.ua

"SPATIAL GENETIC CODE": STRUCTURAL ORGANIZATION OF CHROMATIN IN THE CELL NUCLEUS

Chromatin in the interphase nucleus of eukaryotic cells is organized into complex three-dimensional structures, the higher order levels of which now begin to be better understood. An important progress has been made in the last decade due to development of chromosome conformation capture (3C) and related methods, which allow mapping of interactions between distant chromatin loci. Comprehensive genome-wide interaction maps obtained by one of the most advanced variations of 3C-methods, the Hi-C technique, demonstrated two important features of the chromatin organization. First, chromatin is partitioned into segregated compartments of several megabases in size, the formation of which has been shown to be dependent on the patterns of epigenetic marks. Second, the compartments contain topologically associating domains (TADs), within which frequency of interactions between chro-

matin loci is relatively high while the interactions are relatively infrequent across a boundary between TADs. A large part of TADs is represented by loops, which frequently connect promoters and enhancers. The loop ends are typically anchored by the insulator protein CTCF and cohesin complex provided that the CTCF-binding motifs at the loop ends lie in the convergent orientation. The loops are dynamic structures that appear in an energy consuming process of "loop extrusion". The distributions of the loop length were shown to be exponential, with the distribution parameter, the loop density, to be dependent on the cell type and functional state. In other words, the distribution may be considered as a signature of structural rearrangements of chromatin that underlie functional changes. Our studies showed that some large-scale features of the loop domain organization (and re-organization) are preserved after cell lysis and may be detected due to relatively simple technique, the comet assay.

UDK 577.21

Kalendar R. N.

BI Plant Genomics Laboratory, Institute of Biotechnology, Viikki Biocenter,
University of Helsinki, P.O. Box 56, Viikinkaari 4, FIN-00014 Helsinki, Finland,
e-mail: ruslan.kalendar@helsinki.fi

MOBILE ELEMENTS AND MOLECULAR MARKERS

The retrotransposons – the mobile genetic elements comprise the bulk of all genomes of eukaryotes. They generally show widespread chromosomal dispersion, variable copy number and random distribution in the genome. Retrotransposons move to new chromosomal locations via an RNA intermediate, and insert new cDNA copies back into the genome. In higher plants, more than half of the repetitive DNA consists of retrotransposons, a component dynamic by its ability to integrate new copies and facilitate to homologous recombination. They dynamic and playing role in chromosome crossing over recognition and in recombination DNA between homologous chromosomes. Different retrotransposon families, each with its own lineage and structure, have the potential to have been active at distinct phases in the evolution of a species. The sequences of retrotransposons carry the promoters, which bind the nuclear factors of initialization of a transcription and initiated the RNA synthesis by polymerases II and III. The most part of retrotransposon sequences are inactivated by mutations and partially transcribed. The different variants of retrotransposons can be completely inactive, seldom or constantly active. In natural populations of plants activity of the majority retrotransposon much more above, than at cultivated, domestic forms. High polymorphism at the natural populations, revealed by PCR use based on conservative retrotransposons sequences are hidden in pheno-

type. Retrotransposons can be used for markers because integration of a daughter copy creates new joints between genomic DNA and the conserved LTRs. Various molecular marker systems have been developed that exploit the ubiquitous nature of these genetic elements and their property of stable integration into dispersed chromosomal loci that are polymorphic within species. To detect polymorphisms for retrotransposon insertions, marker systems generally rely on PCR amplification between the retrotransposon termini and some component of flanking genomic DNA. The main methods of IRAP, REMAP, RBIP, and SSAP all detect the polymorphic sites at which the retrotransposon DNA is integrated into the genome. Marker systems exploiting these methods can be easily developed and are inexpensively deployed in the absence of extensive genome sequence data. Here, we describe protocols for the IRAP, REMAP and iPBS techniques, including methods for PCR amplification with a single primer or with two primers, agarose gel electrophoresis of the product using optimal electrophoresis buffers, we also describe iPBS techniques for the rapid isolation of retrotransposon termini and full-length elements.

UDK 631.527

Korzun V. N.

KWS SAAT SE & Co. KGaA, Einbeck, Germany

MOLECULAR BREEDING IN CEREALS: CURRENT ACHIEVEMENTS AND FUTURE PERSPECTIVES

At the beginning of the 21st century, humanity is faced with the problem of reliably providing sufficient food for the growing population of the planet against the backdrop of shrinking land resources and a changing climate. In this context, genomics and especially related molecular genetic technologies play an important role in the creation of new plant varieties that optimally combine high and stable yields with resistance to abiotic stresses and biotic factors of the cultivation environment. Over the past decade, molecular marker technology has provided a wide range of innovative approaches to improve the efficiency of modern breeding strategies and methods. The availability of new molecular tools and technologies has a significant impact on the planning and development of the critical elements of breeding required to accelerate this time-consuming and laborious process. Monitoring of genetic diversity associated with successful breeding, targeted use of plant genetic resources, examples of specific applications of molecular markers in cereal breeding, the potential of genomic selection and the use of genomics and gene edits in cereal breeding will be presented and discussed using the example of cereals.

UDC 634.836.7:632.4

**Muljukina¹ N. A.,
Pečenka² J.,
Geretskij¹ R. V.,
Eichmeier² A.**

¹National Scientific Center «Tairov Research Institute of Viticulture and Wine-Making»,

NAAS of Ukraine, 40 let Pobedi str., 27, Odesa, 65496, Ukraine

²Mendel University in Brno, Zemědělská 1/1665, Brno, 613 00, Czech Republic

FUNGI ASSOCIATED WITH GRAPEVINE TRUNK DISEASE – ESCA – IN UKRAINE

Grapevine trunk diseases are the most destructive diseases of grapevine for the past three decades with yield losses nearly 30 – 50 %.

One of the grapevine trunk diseases, esca is caused mostly by a complex of fungal pathogens including *Phaeomoniella chlamydospora*, *Phaeoacremonium* species, *Cadophora* ssp. and *Fomitiporia mediterranea*. Foliar symptoms mainly appear in *Vitis vinifera* L. cvs, whereas in rootstock varieties endophytic lesions manifest more clearly.

Esca found in all viticultural regions in Ukraine during last 20 years. The disease is poorly understood, the causative agents were not detected. To visually determine a level of esca infestation of each plant, distribution of affected plants into 4 groups by a degree of foliar symptoms manifestation (1- pre-esca, 2 - 30% of foliage damage, 3 - 4 up to 50 and up to 100% of foliage damage, respectively) was proposed.

To evaluate the state of rootstock varieties, assessment of endophytic symptoms, which most often appeared in the form of concentric xylem lesions, was used.

Visual assessment of rootstock varieties clones bred at NSC «Tairov Research Institute of Viticulture and Wine-Making» showed the absence of external and endophytic symptoms of esca disease. In Dobrinja rootstock variety both external (from pre-esca to overall canopy damage) and endophytic symptoms were manifested.

DNA identification of fungi was performed via amplification and sequencing of internal transcribed spacer (ITS) of ribosomal genes. To amplify ITS region, ITS1 and ITS4 primers were used as recommended by White et al. (1990). Conditions for PCR amplification were used as described in Eichmeier et al. (2016). The PCR products corresponding to the size 550 bp were sequenced as described by Eichmeier et al. (2010).

Ukrainian samples without esca symptoms showed a presence of *Cadophora luteo-olivacea*, (3 isolates) one of the typical species associated with esca and Petri diseases. Esca-affected samples also showed the presence of *Eutypa lata* (causal agent of Eutypa dieback) and *Botryosphaeria dothidea* (causal agent of Botriosphae-

ria dieback) which were absent in asymptomatic plants. On symptomless samples *Diaporthe viticola*, the causal agent of Phomopsis dieback was found out, too. Thus, the causative agents of all grapevine trunk diseases were identified on Ukrainian rootstocks samples.

УДК 616.9.-036.22.615.37

Вербицька Т. Г.

Інститут стоматології та щелепно-лицевої хірургії,
Одеса, Україна, tg.verbitska @ gmail.com

МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ ПАТОГЕНЕЗУ COVID-19

Поява вірусу SARS-CoV-2 і пов'язаного з ним захворювання COVID-19 викликало серйозні загрози громадському здоров'ю. Дані показують, що 80% інфекцій COVID-19 протікають в легкій або безсимптомній формі, в той час як приблизно 15% є тяжкими та вимагають додавання кисню, а 5-10% – критичними, що характеризуються SARS з гострим респіраторним дистрес-синдромом (ARDS) і вимагають штучної вентиляції легенів у відділенні інтенсивної терапії [3].

SARS-CoV-2 являє собою одноланцюговий + РНК-оболончатий вірус, забезпечений на зовнішній поверхні глікопротеїнами. S-глікопротеїн присутній у вигляді тримера і містить дві функціональні субодиниці: субодиниця S1 включає рецептор-зв'язуючий домен (RBD) і відповідає за розпізнавання рецептора ACE2 господаря, субодиниця S2 включає механізм злиття, який забезпечує злиття вірусу з клітинною мембраною [1]. Вірус SARS-CoV-2 проникає в клітину, з'єднуючись з рецептором ACE2, який експресується клітинами тканин легенів, кишечника, нирок, судин, слизової оболонки ротової порожнини. Ген ACE2 людини картований на X-хромосомі. Білок ACE2 є цинк-залежною пептидазою, що є ферментом реніна-ангіотензинової системи і грає ключову роль в регуляції артеріального тиску. [5]. Протеази-господарі для становлення S-білка, зв'язування з рецептором і проникнення в клітину включають трансмембранну протеазу типу 2 серина 2 (TMPRSS2), а також катепсини L, катепсини B, трипсин, фактор X, фурин і еластазу [2]. На поверхні клітин людини SARS-CoV-2 взаємодіє і з білком CD147[4].

Особливості SARS-Cov-2 пов'язані зі значними змінами в структурі S1 субодиниці його S-білка, які потенційно можуть бути відповідальні за притаманну вірусу високу трансмісивність і безліч імунних конфронтацій, що обтяжують перебіг інфекційного процесу. Створення ефективної вакцини, спрямованої на консервативні антигени бета-коронавірусів, допоможе обмежити поширення і запобігти COVID-19 або хоча б послабити їх перебіг.

Список літератури

1. Astuti I, Ysrafil. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2): An overview of viral structure and host response / I. Astuti Ysrafil. // *Diabetes Metab Syndr.* – 2020. – Vol. 14(4). – P. 407-412.
2. Hoffmann M. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor / M. Hoffmann, H. Kleine-Weber, S. Schroeder et al. // *Cell.* – 2020. – Vol. 181(2). – P. 271-280.
3. Verity R. Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis / R. Verity, L. C. Okell, I. Dorigatti et al. // *Lancet Infect Dis.* – 2020. – Vol. 20. – P. 669–677.
4. Wang K. et al. SARS-CoV-2 invades host cells via a novel route: CD147-spike protein / // *bioRxiv.* – 2020.– 03.14.-988345.
5. Xu H. High expression of ACE2 receptor of 2019-nCoV on the epithelial cells of oral mucosa / H. Xu, L. Zhong, J. Deng, J. Peng et al. // *Int J Oral Sci.* – 2020. – Vol. 12(1). – P.8.

UDK УДК 577.21:616.6

**Sirokha¹ D.,
Gorodna¹ O.,
Rayevsky^{1,2} A.,
Lozhko¹ D.,
Livshyts¹ G.,
Zelinska³ N.,
Livshits¹ L.**

¹ Institute of Molecular Biology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine (IMBG), Kyiv, Ukraine, Zabolotnoho str., 150

² Institute of Food Biotechnology and Genomics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, Klovskyi descent, 13A

³ Ukrainian Scientific and Practical Center for Endocrine Sugery, Transplantation of Endocrine Organs and Tissues of the Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine, Osypovskoho str., 2A

PATHOGENICITY ANALYSIS OF MUTATIONS DETECTED AFTER WHOLE EXOME SEQUENCING IN PATIENTS WITH ORPHAN DISEASES

The identification of pathogenic mutations in genome of patients with orphan monogenic disorders is a main goal not only for causative gene identification but for clinical diagnosis. Sequencing of the DNA extracted from patients' biological samples using Next Generation Sequencing (NGS) is a basic technology for such purposes. On the other side, abundance of detected Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) after NGS poses a new problem – correct segregational and pathogenicity analysis necessary for annotation of disease causing mutation.

The aim of our work was to identify pathogenic mutation detected after Whole Exome Sequencing (WES) in patients with different orphan diseases from Ukraine.

After filtering and segregation analysis of WES, VCF files of trios (patient and healthy parents), we have obtained short list of rare SNPs and analyzed rare variants for pathogenic impact on encoded proteins using bioinformatic tools: Human Splicing Finder, SIFT, PolyPhen, MutationTaster. The probability of amino acid residues phosphorylation was verified using NetPhorest 2.1, Group-based Prediction System 5.0 and PhosphoPICK.

In patient with autistic spectrum disorder, delay of stato-kinetic development and esophageal reflux the mutation in *KMT2D* gene (rs35584294) – single nucleotide insertion which leads to a frameshift and premature stop codon was identified and previously described as Kabuki syndrome. In another case in patient with syndromic Disorder of Sex Development (DSD) c.2659C>T in *STARX8* gene mutation was identified as pathogenic based on aforementioned bioinformatic tools. In the next case of patient with Androgen Insensitivity Syndrome (AIS) the novel missense mutation in Androgen Receptor (*AR*) gene (c.2507T>G) was detected after Sanger sequencing performed for patient with CAIS and identified as pathogenic. On the protein level substitution Ile836Ser may result in aberrant phosphorylation. Molecular dynamics modeling showed that phosphorylated Ser836 hinders ligand entry channel of AR, which leads to CAIS phenotype.

Thus, based on obtained results we conclude that variants identified as pathogenic may be used for updating of clinical exome panels.

UDC 577.212.3 + 595.799

Cherevatov O. V.,

Volkov R. A.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University;

Kotsiubynski str. 2, 58012 Chernivtsi, Ukraine

MOLECULAR POLYMORPHISM OF CYTOCHROME C OXIDASE GENES AND DISTRIBUTION OF *APIS MELLIFERA* SUBSPECIES IN UKRAINE

The honey bee (*Apis mellifera*) is a species that includes more than 20 subspecies inhabit Europe, Africa and Asia. Ukraine is the territory of natural distribution of three subspecies, *A. m. mellifera*, *carnica* and *macedonica*, which are represented by the Dark European, Carpathian and Ukrainian steppe breeds, respectively. However, uncontrolled import of breeding material of other subspecies and interbreed hybridization of bees can also significantly affect the genetic diversity of *A. mellifera* in Ukraine.

Monitoring the actual distribution of different subspecies/breeds of honey bee requires the use of molecular markers to identify them. In particular, mitochondrial

genes that encode different cytochrome oxidase (CO) subunits have been successfully applied for this purpose [1, 2]. Accordingly, we have used a combination of PCR amplification, sequencing and restriction mapping of genes *COI*, *COII* and spacer region between them for comparative genotyping of bees from different regions of Ukraine and reference bees obtained from breeding farms.

It was found that the sequenced regions contain several base substitutions, allowing not only identification of the subspecies *A. m. carnica*, *A. m. macedonica* and *A. m. mellifera*, but also discrimination of local honeybee populations. Molecular genotyping showed that 2 subspecies of honey bee, *A. m. carnica* and *A. m. macedonica*, are now widespread in western (Carpathian) and eastern (steppe) regions of Ukraine. *A. m. mellifera* was not found in the sampled populations. However, in contrast to the traditional point of view, in several cases Carpathian and Ukrainian steppe breeds were found in the eastern and western regions, respectively. Also, alien subspecies of bees (e.g., *A. m. ligustica*) were found. Taking together, the data demonstrate a violation of the natural distribution of honey bee subspecies in Ukraine.

References

1. Meixner M. Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera* / M. Meixner, M. Pinto, M. Bouga, // J. Apic. Res. – 2013. – Vol. 52. – P. 1-28.
2. Cherevatov O. V. Molecular diversity of the *CoI-CoII* spacer region in the mitochondrial genome and the origin of the Carpathian bee / O. V. Cherevatov, I. I. Panchuk, S. S. Kerek, R. A. Volkov // Cyt. Genet. – 2019. – Vol. 53. – P. 13-19.

UDC 575.826

**Nesterkina¹ M.,
Bilokon² S.,
Aliksieieva² T.,
Chebotar² S.,
Kravchenko¹ I.**

¹Department of Organic and Pharmaceutical Technologies, Odessa National Polytechnic University, Odessa 65044, Ukraine

²Department of Genetics and Molecular Biology, Odessa I. I. Mechnikov National University, Odessa 65082, Ukraine

GENOTOXIC EFFECT OF TERPENOIDS AND THEIR DERIVATIVES IN *DROSOPHILA MELANOGASTER*

According to modern pest control, “green” methods aimed at using of natural origin compounds are being intensively implemented. In this context, special attention is focused on terpenoids and their chemically modified derivatives as candidate insecticides; however, their action mechanism is still being debated. TRP ion channels,

acetylcholine esterase, octopamine receptors along with insect genetic apparatus are among molecular targets of terpenoids. Bearing in mind the aforementioned, the aim of the present study is to explore the toxic impact and genotoxicity of terpenoids and their derivatives in *Drosophila melanogaster*, as well as their influence on the endoreduplication of polytene chromosomes.

The effect of mono- and bicyclic terpenoids containing either alicyclic or aromatic rings and differing in the position of substituents and their nature (guaiacol, eugenol, borneol, menthol and carvacrol) was investigated on the viability of *D. melanogaster* and their influence on the multiplication of the nuclear genome. Among all tested compounds, carvacrol demonstrated the most significant impact on fecundity and insect survival when inhaled or adding to the culture medium. Oral administration of carvacrol had an impact on giant chromosomes increasing their average level of chromosome polyteny degree.

Considering the most toxic effect of carvacrol, the structure of this terpenoid was modified by its ethers synthesis (propyl-, butyl, octyl- and benzyl derivatives). The fertility and viability of fruit flies were assessed after oral administration (0.05% to culture medium) and inhalation exposure (5 mg per 1 cm² of polyvinyl alcohol film) of initial carvacrol and its ethers. The influence of terpenoid and its derivatives on the degree of chromosomes polyteny in salivary gland cells of *D. melanogaster* larvae has been revealed. Oral administration of carvacrol ethers was found to decrease the average level of chromosome polyteny degree (366C-500C) while pure carvacrol adding to culture medium had the opposite effect (763C) compared to control (695C).

In conclusion, we may emphasize that among all tested terpenoids carvacrol possess the greatest impact on reproduction potential of insects and their viability either after oral administration or inhalation exposure of the terpenoid. Genotoxicity of carvacrol ethers was expressed as a rise in frequency of dominant lethal mutations along with the influence on chromosome polyteny degree indicating that these products are potential agents for pest control.

УДК 579.258

**Ридкін О. В.,
Кошла О. Т.,
Осташ Б. О.**

Львівський національний університет ім. Івана Франка,
вул. Університетська, 1, Львів, Львівська область, 79000, Україна,
budarahta@gmail.com

МУТАЦІЇ ГЕНІВ ПОСТТРАНСКРИПЦІЙНОЇ МОДИФІКАЦІЇ тРНК *miaA* І *miaB* ВЕДУТЬ ДО ЗМІНИ РЕАКЦІЙ НА СТРЕСОВІ ЧИННИКИ У *STREPTOMYCES ALBUS* SAM2

Посттранскрипційні модифікації нуклеозидів тРНК є абсолютно необхідними для нормального функціонування цих молекул. Часткова чи повна відсутність деяких модифікацій може приводити до порушення точності та ефективності білкового синтезу, що веде до виникнення феноменів вищого порядку, як-от порушення стресової відповіді чи вірулентності у бактерій, виникнення мітохондропатій у людини. Довгий час практично нічого не було відомо про процеси модифікацій тРНК в стрептоміцетів – важливих продуцентів антибіотиків. За попередні роки співробітникам нашої лабораторії вдалось отримати та описати властивості мутантів *S. albus*, дефектних за генами *miaA* та *miaB*, що контролюють модифікацію позиції A37 більшості тРНК з антикодоном ХХА[1]. Зважаючи на не до кінця вивчений плейотропний прояв мутацій, поставлено за мету з'ясувати реакцію мутантів $\Delta miaA$, $\Delta miaB$ та $\Delta miaAB$ на оксидативний стрес та стійкість до деяких антибіотиків. Виявлено, що мутація гена *miaA* підвищує чутливість *S. albus* до діаміду. При тривалому культивуванні (8-10 діб) виявляли появу колоній в стерильних зонах від дисків з антибіотиками (новобіоцин 5 мкг, ристоміцин 30 мкг, апраміцин 30 мкг на диск) для штамів $\Delta miaA$ та $\Delta miaAB$, тоді як для дикого типу такого практично не спостерігали. Більшість колоній не виявляла набутої стійкості до відповідних антибіотиків при подальших пересівах. Ми припускаємо, що причиною виникнення таких колоній є пристосування частини популяції до дії антибіотиків, яке може бути викликане підвищенням містрансляції білків в мутантних штаммах.

Список літератури

1. Koshla O. Gene *miaA* for post-transcriptional modification of tRNA_{XXA} is important for morphological and metabolic differentiation in *Streptomyces* / O. Koshla, O. Yushchuk, I. Ostash et al. // *Mol Microbiol.* – 2019. – Vol. 112(1). – P. 249–265. doi:10.1111/mmi.14266

UDC 577.113.5:582.542.11

**Ishchenko¹ O. O.,
Mel'nyk^{1,2} V. M.,
Kunakh² V. A.,
Volkov¹ R.A.**

¹ Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University; Kotsiubynski str. 2, 58012 Chernivtsi, Ukraine

² Institute of Molecular Biology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine; Zabolotnogo str., 150, 03143 Kyiv, Ukraine

APPLICATION OF 5S rDNA FOR CLARIFICATION OF TAXONOMIC STATUS OF *AVENELLA FLEXUOSA*

Poaceae is one of the largest and economically important monocot families, which comprises more than 11 000 species. This family has a complex phylogenetic history including numerous rearrangements of species into different tribes and/or genera. One of the open questions is the taxonomic status of *Avenella flexuosa* (L.) Drejer also known as *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. or *Lerchenfeldia flexuosa* (L.) Schur. Whether this species belongs to the *Deschampsia* genus has long been a subject of debates. Molecular markers are a convenient tool for assessing the genetic variability. In plants, the 5S rDNA intergenic spacer (IGS) can be used to evaluate relationship between closely related species, populations, and sometimes even between individuals. Accordingly, we cloned and sequenced this region of the *A. flexuosa* genome and estimated the genetic distances between this species and other representatives of the Poaceae tribe.

Our data show that the IGS of *Avenella* contain sequence motives, which are similar to that ones, involved in 5S rDNA transcription regulation in species from other families of angiosperms [1]. These motives include putative “TATA”-box, GC and C elements, which are involved in the transcription initiation, as well as an “oligo-T region” required for termination.

It has been also revealed that two structural classes of 5S rDNA repeated units are present in the genome of *A. flexuosa*. The 5S rDNA IGS of *A. flexuosa* and *D. antarctica* demonstrate a low level of sequence similarity, which is not higher than their similarity with the IGS of other members of the Poaceae tribe. On the phylogenetic tree, the 5S rDNA clones of *A. flexuosa* and *D. antarctica* are combined into two separate groups. Thus, our results supports the view that *A. flexuosa* belongs to a separate genus *Avenella*.

Список літератури

1. Douet J. Transcription of the 5S rRNA heterochromatic genes is epigenetically controlled in *Arabidopsis thaliana* and *Xenopus laevis* / J. Douet, S. Tourmente // Heredity. – 2007. – Vol. 99. – P. 5-13.

UDC 575.17:575.113.2:633.34

**Popovych¹ Yu. A.,
Blagodarova² O. M.,
Chebotar^{1,2} S. V.**

¹ Odesa I. I. Mechnikov National University, Ukraine, 65082, Odesa, Dvoryanska str. 2

² Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopol'ska dor., 3.

POLYMORPHISM OF *GLI-B1* GENES AMONG THE MODERN UKRAINIAN BREAD WINTER WHEAT VARIETIES

A set of 44 modern Ukrainian winter bread wheat varieties from different selection and breeding stations have been described by different electrophoretic specters and analyzed by using allele-specific PCR with primers, which were proposed by Zhang et al. (2003), to *Gli-B1*, loci.

Six allelic variants of gliadins were revealed by using acid PAAG electrophoresis (by Poperelya methodology and classification (Popereya, 1989; 2002)). The most common allelic variants in studied set of varieties were Gld-1B1 and Gld-1B3, which have been detected in 20 and 18 varieties respectively. Two varieties Schedra nyva and Govtva were characterized by Gld-1B4 allelic variant. Gld-1B2 allelic variant has been described only in Bilotserkivska napivkarlykova. Two types of new allelic variants according to Poperelya classification were detected.

Using PCR method with allele-specific primers developed by Zhang et al (2003) the polymorphism by the length of amplification fragments have been described. All 20 varieties with allelic variant Gld-1B1 were characterized by *Gli-B1.1* allele with amplification fragment 369 bp. Any amplification fragments for varieties with allelic variant Gld-1B3 were not detected due to the presence of 1RS/1BL translocation. *Gli-B1.2* allele and four different by length amplification were detected only for six varieties. Bilotserkivska napivkarlykova (Gld-1B2 allelic variant) have amplification fragments *Gli-B1.2* with size 409 bp, Schedra nyva and Govtva (Gld-1B4) have *Gli-B1.2* with 397 bp, for varieties with new allelic variants Zymoyarka and Myronivska slava *Gli-B1.2* allele with 397 bp had been detected.

УДК 577.21:575.22:632.4:581.2

**Топораш¹ М. К.,
Чеботар^{1,2} С. В.,
Моцний² І. І.,
Благодарова² О. М.,
Сурділль³ П.**

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Дворянська 2, Одеса, 65082 Україна, e-mail: toporash93@gmail.com

²Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, Україна, 65036, Одеса, Овідіопільська дорога 3, e-mail: s.v.chebotar@gmail.com, motsnyyii@gmail.com

³Національний інститут агрономічних досліджень, Франція, 63039, Клермон-Ферран, Шемин де Бол'є 5.

МАРКЕРНА СЕЛЕКЦІЯ В ІНТРОГРЕСИВНІЙ ГІБРИДИЗАЦІЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) З 1R ХРОМОСОМОЮ ЖИТА (*SECALE CEREALE* L.)

Житня (*Secale cereale* L.) хромосома 1RS широко застосовується при інтрогресивній гібридизації з м'якою пшеницею (*Triticum aestivum* L.) для інтрогресії генів стійкості до бурої іржі (*Lr26*), борошнистої роси (*Pm8*), жовтої іржі (*Yr9*), вірусу смугастої мозаїки пшениці (*Wsm*), а також гену стійкості до тлі (*Gbr*) (Graybosch et al., 2001; Merker et al., 2000). Підтверджено позитивний вплив житньої хромосоми на врожайність пшениці та її резистентність до несприятливих погодних умов. (Zarco-Hernandez et al., 2005; Howell et al., 2014; Ehdaie et al., 2003). Разом з поліпшенням стійкості м'якої пшениці до хвороб та інших негативних чинників, 1RS транслокація має негативний вплив на якість борошна через інтрогресію локусу *Sec-1*, що кодує кластер генів – α і ω -секалінів та втрату гліадинових та глютенінових локусів на хромосомах пшениці першої гомеологічної групи (Dhaliwal, MacRitchie, 1990). Попри це, лінії з 1RS.1BL і 1RS.1AL транслокаціями вважаються надзвичайно цінним генетичним матеріалом для поліпшення м'якої пшениці.

Мета роботи – визначити молекулярно-генетичний поліморфізм за короткими плечами хромосоми 1R в лініях м'якої пшениці, що несуть 1RS.1BL транслокацію або (1B)1R заміщення з різних джерел; ідентифікувати рекомбінантні за короткими плечами 1R і 1B хромосом лінії м'якої пшениці, створені із застосуванням ph1b-мутанта сорту Chinese Spring.

Дослідження поліморфізму проводили на сортах і лініях м'якої пшениці, що містять 1R хромосому жита різного походження. Лінія PavonMA1 з 1RS.1BL транслокацією містить модифіковану А. Лукашевським житню (1R) хромосому. При гібридизації двох ліній октоплоїдного тритикале було ство-

рено лінію Salmon (Tsunewaki, 1964). Сорт жита Воронезька CXI слугував джерелом 1RS хромосоми для лінії H273/97. 1RS.1BL хромосома сорту м'якої пшениці Аврора замістила 1BS.1BL хромосому в лінії H242/97-2. Лінія CWXs була створена після схрещування ліній H273/97 та H242/97-2. У другому блоці наших досліджень досліджували 63 оригінальні пшеничні лінії BC1F8, отримані від схрещування та бекросування інтрогресивної лінії Erythrospermum 125/03 (E125/03) та ph1b-мутанта Chinese Spring (CSph1b), створені п.н.с., к.б.н. І. І. Моцним. Для визначення поліморфізму 1RS хромосоми різного походження застосували ПЛР-аналіз з використанням молекулярно-генетичних маркерів до хромосоми 1RS жита (*Sec-I*, *Xscm9* та *Xtsm_422*), та 1BS хромосоми пшениці (*Xgwm18* та *Xtaglgap*). Для ідентифікації рекомбінантних хромосом залучили 8 молекулярних маркерів 1RS хромосоми жита (*Sec1Gene*, *Sec1Pro*, *AF1/AF4*, *IB-267*, *NOR*, *PAW161*, *Rye F3/R3*, *RIS*) та 18 для 1B хромосоми пшениці (*XTaglgap*, *Xgwm 18*, *Xwmc798*, *Xwmc619*, *Xwmc406*, *Xwmc31*, *Xwmc128*, *Xwmc419*, *Xgwm273*, *Xbarc137*, *Xgdm136*, *Xgwm11*, *Xgdm36*, *Xwmc626*, *Xwmc694*, *Gli-A1*, *Gli-B1*, *GliD1*). Разом з молекулярно-генетичними методами, також використали аналіз запасних білків (гліадинів та глютенінів).

Визначено молекулярно-генетичний поліморфізм в різних за походженням 1RS.1BL транслокаціях і 1R заміщеній хромосомі жита в лініях пшениці H242/97-2, CWXs, H273/97, PavonMA1 та сорти Salmon. Лінія CWXs містить рекомбінантну 1RS, що має сегменти 1RS від H242/97-2 (Аврора=Petcus) та від H273/97 (жито Воронезька CXI) Лінія Salmon виявилась гетерогенною. Як результат використання мутантної лінії CSph1b у схрещуванні з лінією E125-03 (що має 1RS.1BL) були отримані транслокаційні і рекомбінантні лінії різного типу. Визначено 15 ліній без транслокацій та рекомбінацій за 1RS.1BS; 11 ліній пшениці з інтактною 1RS.1BL транслокацією; 3 лінії з 1RS перенесеною на 1A хромосому; 2 лінії з 1RS перенесеною на 1D хромосому пшениці; 4 лінії пшениці з рекомбінантними 1RS та 1BS хромосомами; 2 лінії з рекомбінацією між гомеологічними хромосомами пшениці 1BS та 1DS; 26 гетерогенних інтрогресивних ліній BC1F8.

UDC 575.577.595

Bilokon S. V.,

Aliexsieieva T. G.

Odesa I. I. Mechnikov National University, 65082, Odesa, Dvoryanska str. 2

THE EFFECT OF MELANIN ON VIABILITY INDICATORS OF *DROSOPHILA MELANOGASTER*

One of the current directions in modern pharmacy is the search for novel sources of biologically active substances that have high biocompatibility and are not toxic

to humans and animals. The natural pigments – melanins are corresponds to these requirements. The melanins are high molecular weight polymers of irregular structure belonging to the class of condensed phenolic compounds. The melanins of plant, fungal and animal origin are known and used [1]. The main manifestation of the melanins is to form the color of living objects. Experimental studies on the nature of melanins and the characteristics of their metabolism have revealed the polyfunctionality of these compounds. Now there are cases of successful use of melanin in medicine and pharmacology, due to its participation in DNA repair, as well as in the modulation of such important systems of cellular metabolism as photo- and radio-protection [2].

Drosophila melanogaster is a convenient object for elucidating the biological activity of various substances and preparations. The wild-type Canton-S line of *Drosophila* was used in the experiments. The viability indicators of *Drosophila* after a single addition of melanin to the nutrient medium were studied. Melanin was added to the fly food mixture at the rate of 2 ml of 3% melanin per 25 ml of the food mixture (final concentration of melanin in the mixture was 0.24%). Melanin was isolated from *Nadsoniella nigra*, a yeast-like fungus characterized by the formation of black or brown colonies. The melanin solution was kindly provided by prof. T. O. Philipova and prof. B. M. Galkin, (Department of Microbiology, Virology and Biotechnology, Odesa I.I.Mechnikov National University).

The individual components of flies viability (fertility and lifespan under standard conditions and under conditions of adding melanin to the feed mixture and the level of postembryonic loss) were studied. The functioning of the genetic apparatus was assessed by the state of polytene chromosomes in the cell nuclei of the salivary glands of third instar larvae [3].

The lifespan of wild-type C-S flies in the control was about 18 days; in the experiment (a single addition of melanin to the feed mixture of flies), the indicators tended to increase, but did not differ significantly from the control. The indicators of fertility by the number of pupae and adults and the rate of postembryonic death of flies were also investigated. Melanin, added to the feed mixture, increased the fertility of C-S flies almost 2.5 times from the control value.

Dominant lethal mutations (DLM) were counted not at the egg stage, but at the pupal stage [4]. The level of postembryonic death in the control was 41.2%, and the frequency of DLM was 20.1% in the experimental variant with melanin. The state of the genetic apparatus of salivary gland cells was assessed by their passage through endocycles, leading to polytenization of chromosomes. Receiving melanin with food had a positive effect on salivary glands cells' chromosome polytenization, which manifested itself in a significantly greater number of cells that underwent eight polytenization cycles in comparison to the corresponding control indicators. Nevertheless, the established stimulating effect of fungal melanin must be considered insignificant, since the indices of average chromosome polytenia (which are considered as a characteristic of the gene dose in the cell nucleus) [3, 5] in control

and experiment did not have significant differences

Conclusions. The biological activity of melanins has been proven in terms of an increase in the fertility of flies and a decrease in the number of dominant lethal mutations by estimation of postembryonic losses. The absence of melanin influence on the average chromosome polyteny indicator was found.

References

1. Проценко О.В. Оцінка токсичності та генотоксичності меланіну на тест-системі *Drosophila melanogaster* / О. В. Проценко, О. А. Дудка, І. А. Козерецька, Т. М. Фалалєєва, Т. В. Берегова, Л. І. Остапченко // Фактори екс. евол. організмів. – 2016. – Т. 18. – С. 137-139.
2. Таширєв А. Б. Скринінг дріжджів-продуцентів меланіну з наземних антарктичних біотопів / А. Б. Таширєв // Мікробіологічний журнал. – 2010. – Т. 72, № 1. – С. 3-8.
3. Страшнюк В. Ю. Цитоморфометрическое исследование поличенных хромосом *Drosophila melanogaster* в связи с эффектом гетерозиса, отбором по адаптивно важным признакам и полом / В. Ю. Страшнюк, С. Н. Непейвода, В. Г. Шахбазов // Генетика. – 1995. – Т. 31, № 1. – С. 24-29.
4. Скоробагатько Д. О. Індекси добору у нащадків *Drosophila melanogaster* Meig. після гострого опромінювання / Д. О. Скоробагатько, В. Ю. Страшнюк, О. О. Мазілов // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2019. – Т. 25. – С. 5-91.
5. Пат. 137874 Україна, G01N 33/554 (2006.01) на корисну модель. Спосіб визначення токсичної дії хімічної речовини / Страшнюк В. Ю., Тагліна О. В., Білоконь С.В., Алексєєва Т. Г.; заявл. 15.04.2019 ; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 21. – 4 с.

УДК: 577.2: 633.34

**Zharikova¹ D. O.,
Chebotar¹ G. O.,
Temchenko² I. V.,
Aksyonova³ E. A.,
Chebotar¹ S.V.**

¹Odesa I.I. Mechnikov National University, 65082, Dvoryanska str., 2, Odesa, Ukraine; e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

²Institute of Feeds and Agriculture of Podillia of NAAS, 21000, Yunosti Ave, 16, Vinnitsa, Ukraine;

³Institute of Genetics and Cytology, 220072, Akademicheskaya st., 27, Minsk, Belarus

POLYMORPHISMS OF MICROSATELLITE LOCI, ASSOCIATED WITH PHOTOPERIOD SENSITIVE *E* GENES, IN UKRAINIAN SOYBEAN VARIETIES AND BREEDING LINES

The series of *E* genes (early maturity) control the plant's response to the changes in day length and, at the same time, are linked to a number of other agronomically important QTLs that affect ripening time, duration of the growing season, weight of 1000 kernels, yield, etc. According to Monlar et al. [3] and Rosenzweig et al. [4] it

is possible to detect the polymorphisms associated with *E* genes with microsatellite markers in soybean accessions.

The aim of our study was to test microsatellite markers as a useful tool for detection of alleles of *E1-E4* and *E7* genes among number of Ukrainian soybean (*Glycine Max L. Merrill*) cultivars, 19 breeding lines and 10 mutant lines.

As material were used: cultivars Kobza, Mavka, Geba, Poltava, Romashka, Halyna, Zolotysta, Krynytsia, Femida, Podilska 416, Podiaka, Oksana; control varieties - isoline Harosoy OT 89-5, Vilana, Maple Arrow, Cormoran AC and Ros; 19 lines (F_{8-10}) from crossing: Oksana x Labrador (5 lines), Mapple Belle x Sreska72 (7 lines), Line 103 x Korada (7 lines); 10 mutant lines: Oksana M2, Oksana M12, Oksana M13, Zolotysta M16, Zolotysta M20, Femida M29, Femida M32, Podilska 416 M33, Podilska 416 M38, Podilska 416 M40. PCR with microsatellite markers - *Satt100*, *Satt229*, *Satt319*, *Satt354*, *Satt365* and *Sat_038*, were done as recommended by Monlar et al. [3] and Rosenzweig et al. [4].

According to the results of microsatellite analysis and data of genotyping-by-sequencing approach [2] we suggested genotypes with recessive alleles of *E* genes (*e1 e2 e3 e4 e7* alleles - Kobza, Krynytsia), the dominant *E3* allele occurs in Podiaka, Halyna, Zolotysta, Podilska 416, and the presence of dominant *E7* occurs in Mavka, Podiaka, Romashka, Oksana, Femida, Podil's'ka 416. Due to the discrepancy of microsatellite analysis and data of Miladinovich et al., [2] we assume that microsatellite *Satt229* is not the perfect tool for *E3* gene detection.

Among the 10 mutant lines there were revealed, that genotypes - carriers of the dominant *E7* allele had a longer growing season (10-11 days longer) than carriers of recessive *e7* in the conditions of Ukraine. Lines with alleles 167 b.p. at the *Satt100* locus and 175 b.p. at the locus *Satt319* (which had been used for detection of the dominant allele *E7*), had shown significantly longer growing season and their maturation occurred later than others. We didn't detect a dominant *E2* with the help of microsatellite *Sat_038*, in investigated material, except for the control variety Ros. Due to the inconsistency of our results and report of Abugalieva et al. [1], which analyzed varieties Halina, Poltava, Podiaka with allele-specific markers, we conclude that *Satt354*, as well as *Satt229*, is not the optimal diagnostic markers for determining *E3* and *E4* alleles.

We have shown a lack of correspondence between the results of microsatellite analysis with markers linked to *E* genes and the ranking of soybean varieties by maturity groups defined in the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine 2019. There was no clear relationship between presence of alleles of *E* genes in the genotypes of the studied varieties and the ratio to a specific maturity group.

At the same time the use of MS loci *Satt100*, *Satt229*, *Satt319*, *Satt354*, *Satt365*, *Sat_038* allows to differentiate soybean varieties. So, we can recommend this panel of 6 MS loci for differentiation of modern Ukrainian soybean varieties and lines and for creation genetic passports of varieties [5].

References

1. Abugalieva, S. Assessment of soybean flowering and seed maturation time in different latitude regions of Kazakhstan / S. Abugalieva, S. Didorenko, S. Anuarbek, L. Volkova, Y. Gerasimova, I. Sidorik, Y. Turuspekov // PLoS One. – 2016. – Vol. 11(12). – P. 1-12. doi: 10.1371/journal.pone.0166894
2. Miladinović, J., Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections / J. Miladinović, M. Čeran, V. Đorđević, S. Balešević-Tubić, K. Petrović, V. Đukić, D. Miladinović // Frontiers in Plant Science. – 2018. – Vol. 9. – P. 1-8. doi.org/10.3389/fpls.2018.01286
3. Molnar, S. Simple sequence repeat (SSR) markers linked to *E1*, *E3*, *E4*, and *E7* maturity genes in soybean / S. Molnar, S. Rai, M. Charette, E. Cober // Genome. – 2003. – Vol. 46 (6). – P. 1024-1036. doi:10.1139/g03-079
4. Rosenzweig, V. Prospects of exploiting of photoperiod sensitivity gene *E7* in early soybean breeding and revealing of its sources with SSR-markers / V. Rosenzweig, E. Aksyonova, S. Milash, D. Goloenko, O. Davydenko // Soybean Genetics Newsletter. – 2008. – Vol. 35. – P. 1-7. https://www.soybase.org/sgn/articleFiles/61_Rosenzweig081712%20-%2012-22-08%20-%20PDF%20-%20FINAL.pdf
5. Zharikova D. O., Usage of microsatellite loci linked with *E* genes, for identification and certification of soybean varieties / D. O. Zharikova, E. A. Aksoynova, G. O. Chebotar, S. V. Chebotar // Factors in experimental evolution of organisms. – 2019. – Vol. 24. – P. 80-86. doi: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1083>

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

1. ПРОФІЛЬ ЖУРНАЛУ

1.1. «Вісник Одеського національного університету. Біологія» здійснює такі публікації:

1. Наукові статті.
2. Короткі повідомлення.
3. Матеріали конференцій.
4. Рецензії.
5. Матеріали з історії науки та університету.

1.2. У певному конкретному випуску один автор має право надрукувати тільки одну самостійну статтю.

1.3. Мова видання – українська, англійська.

1.4. До редакції «Вісника...» подається відредагований і погоджений з редколегією текст статті, записаної на електронному носії у форматі *.doc (гарнітура Times New Roman (Сур), кегль 14, відстань між рядками 1,5 інтервали; поля: ліве – 2,5 см, праве – 1,5 см, верхнє – 2 см, нижнє – 2 см), набраний без застосування функції «Розстановка переносів» та два екземпляри «роздруковки» з неї.

Резюме двома додатковими мовами (зразок оформлення публікації наведено наприкінці Правил).

Рекомендація кафедри або наукової установи до друку.

2. ПІДГОТОВКА СТАТТІ – ОБОВ'ЯЗКОВІ СКЛАДОВІ

Оригінальна стаття має включати:

2.1. Вступ, в якому обговорюють актуальність проблеми, формулюють мету та основні завдання дослідження.

2.2. Матеріали і методи дослідження.

2.3. Результати досліджень та їх обговорення.

2.4. Висновки.

2.5. Список використаної літератури.

2.6. Резюме подається українською та англійською мовами

2.7. Ключові слова.

3. ОФОРМЛЕННЯ РУКОПISУ, ОБСЯГ, ПОСЛІДОВНІСТЬ ТА РОЗТАШУВАННЯ ОБОВ'ЯЗКОВИХ СКЛАДОВИХ СТАТТІ

3.1. Обсяг рукопису наукової статті (з урахуванням малюнків, таблиць і підписів до них, резюме, списку літератури) – 10–18 сторінок друкованого тексту, оглядів – до 25 сторінок, коротких повідомлень – до 2–6 сторінок. Рукописи більшого обсягу приймаються до журналу тільки після попереднього узгодження з редколегією.

3.2. Послідовність друкування окремих складових наукової статті має бути такою:

1. УДК – в лівому верхньому кутку першого аркуша.
2. Прізвище та ініціали автора (авторів) мовою статті, вчений ступінь та посада.
3. Назва наукової установи (в тому числі відділу, кафедри, де виконано працю).
4. Повна поштова адреса (за міжнародним стандартом).
5. Назва статті. Вона повинна точно відбивати зміст праці, бути короткою (в межах 9–12 повнозначних слів), містити ключові слова.
6. Анотація мовою оригіналу друкується перед початком статті з відступом 20 мм від лівого поля. Містить не більше 50 повнозначних слів і передує (окремим абзацом) основному тексту статті.
7. Під анотацією друкуються ключові слова, які відокремлюються крапкою з комою.
8. Далі йде текст статті, що включає основні змістові розділи, список використаної літератури.
9. Таблиці та малюнки разом з підписами та необхідними поясненнями до них розміщуються у тексті статті, після першого згадування про них у тексті.
10. На окремому аркуші подаються резюме (українською та англійською мовами), оформлених таким чином: прізвище та ініціали автора (авторів), назва наукової установи, повна поштова адреса установи, назва статті, слово «Резюме» (Abstract), текст резюме, ключові слова. Резюме повинне бути зрозумілим без звертання до самої публікації включати актуальність проблеми, мету, методи дослідження, основні результати дослідження, висновки та конкретні пропозиції автора. Об'єм резюме 250–280 слів. Додатково: телефон та електронна адреса (e-mail) для співпраці з авторами, ідентифікатор ORCID авторів.

З основними вимогами до «Резюме» можна ознайомитись на сайті <http://visbio.onu.edu.ua/about/submissions#authorGuidelines>.

3.3 Стаття повинна бути підписана автором (авторами).

4. МОВНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ: ТЕРМІНОЛОГІЯ. УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ, ПОСИЛАННЯ. ТАБЛИЦІ, СХЕМИ, МАЛЮНКИ

4.1. Автори несуть повну відповідальність за бездоганне мовне оформлення тексту, за правильну українську наукову термінологію (її слід звіряти за фаховими термінологічними словниками).

4.2. Латинські біологічні терміни (назви видів, родів) подаються обов'язково латиницею і курсивом. За першого вживання латинської назви у дужках слід обов'язково подати український відповідник назви.

4.3. Якщо часто повторювані у тексті словосполучення автор вважає за потрібне скоротити, то такі аббревіатури за першого вживання наводять у дужках. Наприклад, селекційно-генетичний інститут (далі СГІ).

4.4. Посилання на літературу подаються у тексті статті, обов'язково у квадратних дужках, цифрами. Цифра в дужках позначає номер праці у «Списку використаної літератури». Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ГОСТ 7.1:2006.

4.5. Цифровий матеріал, по можливості, слід зводити у таблиці і не дублювати у тексті. Таблиці повинні бути компактними, мати порядковий номер; графи, колонки мають бути точно визначеними логічно і графічно. Цифровий матеріал таблиць повинен бути оброблений статистично. Матеріал таблиць (як і малюнків) повинен бути зрозумілим незалежно від тексту статті. При об'єднанні декількох рисунків або фотографій в один рисунок рекомендується позначати кожен з них прописними літерами знизу.

4.6. Рисунки виконуються у програмі «Діаграма Microsoft Excel» та вставляються у текст. Кожна крива на рисунку повинна мати номер, зміст кривих пояснюється у підписах під рисунком. На осях абсцис і ординат рисунка зазначається лише величина, що вимірюється, і розмірність в одиницях СІ (% , мм, г і т.п.). Математичні (хімічні) формули виконуються засобами внутрішнього редактора формул «Microsoft Equal» і, при потребі, нумеруються.

4.7. У розділі «Результати досліджень та їх обговорення» необхідно викласти виявлені ефекти, а також причинно-результативні зв'язки між встановленими ефектами, порівняти отриману інформацію з даними літератури і наголосити на виявлених нових даних. При аналізі слід посилається на ілюстративний матеріал статті. Аналіз має закінчуватися відповіддю на питання, поставлені у вступі. При викладі результатів слід уникати повторення змісту таблиць та рисунків, а звертати увагу на найважливіші факти та певні закономірності, що з них випливають.

4.8. Редколегія має право редагувати текст статей, рисунків та підписів до них, погоджуючи відредагований варіант з автором, а також відхиляти рукописи, якщо вони не відповідають вимогам «Вісника ОНУ. Біологія». Рукописи статей, що прийняті до публікування, авторам не повертаються.

5. ЛІТЕРАТУРА

Список літератури друкується мовою оригіналу відповідної праці. Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ГОСТ 7.1:2006. Автор (автори) повинні посилатися на сучасну (останнє десятиріччя) літературу. У статтях при наявності обов'язково вказувати цифровий ідентифікатор об'єкта (Digital Object Identifier, або doi).

Додатково у електронному варіанті необхідно додати References оформлений згідно міжнародним стандартам за гарвардським стилем (BSI) на англійській мові. При оформленні українськомовного або російськомовного джерела іншою мовою після переведення джерела в [квадратних дужках] вказується транслітерування вихідного. Детальну інформацію та приклади можна отримати на сайті <http://visbio.onu.edu.ua/about/submissions#authorGuidelines>.

Приклади бібліографічних описань

Книги, монографії, атласи, словники

1. Горячковский А. М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике: [справочное пособие] / А. М. Горячковский. – Одесса: Екологія, 2005. – 616 с.
2. Медицинская микробиология: учебник для ВУЗов / под ред. В. И. Покровского. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. – 786 с.
3. Определитель высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин и др. – К.: Наукова думка, 1987. – 548 с.
4. Анатомія пам'яті: атлас схем і рисунків провідних шляхів і структур нервової системи, що беруть участь у процесах пам'яті: посіб. для студ. та лікарів / О. Л. Дроздов, Л. А. Дзяк, В. О. Козлов, В. Д. Маковецький. – 2-ге вид, розшир, та доповн. – Дніпропетровськ: Пороги, 2005. – 218с.
5. Українсько-німецький тематичний словник / [уклад. Н. Яцко та ін.]. – К.: Карпенко, 2007. – 219 с.

Статті із журналів

1. Писаренко В. М. Посухи в контексті змін клімату України / В. М. Писаренко, П. В. Писаренко, В. В. Писаренко, О. О. Горб, Т. О. Чайка // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2019. – №. 1. – С. 134-146. doi 10.31210/visnyk2019.01.15.
2. Топтиков В. А. Генетико-биохимические особенности мутантных линий сои / В. А. Топтиков, Д. А. Жарикова, Г. А. Чеботарь, И. В. Темченко // Вісник ОНУ. Біологія. – 2018. – Т. 22, Вип. 2 (44). – С. 73–94. doi 10.18524/2077-1746.2018.2(43).147013.
3. Duan H. Effects of drought stress on growth and development of wheat seedlings / H. Duan, Y. Zhu, J. Li, W. Ding, H. Wang, L. Jiang, Y. Zhou // International Journal of Agriculture and Biology. – 2017. – V. 19, №. 5. – P. 1119-1124. doi: 10.17957/IJAB/15.0393.

Збірки

1. Спектр тканевых карбоксиэстераз в онтогенезе суслика крапчатого (*Spermophilus suslicus* Guld.) / А. М. Андриевский, Ю. Н. Олейник, В. А. Кучеров, А. С. Асманская // Генетика в современном обществе: науч. конф., 3–5 окт. 2004 г.: тезисы докл. – Харьков, 2004. – С. 12.
2. Селекция *in vitro* генотипов пшеницы с комплексной устойчивостью к фузариозу злаков / Е. А. Клечковская, С. А. Игнатова, А. И. Слепченко и др. // Биология клеток растений *in vitro*, биотехнология и сохранение генофонда: VII междунар. симп.: труды. – Москва, 2001. – С. 372.
3. Cell transfer and Interferon Studies / J. C. De Man, M. Rogosa, M. E. Sharpe // Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology, 17–21 May 2004: proc. of conf, Quebec, 2004. – P. 31.

Дисертації, автореферати дисертації

1. Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня, канд. біол. наук: 03.00.04 «Биохимия» / О. О. Олярик. – К., 2007. – 17 с.
2. Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: дис... канд. біол. наук: 03.00.04 / Олексій Олексійович Орляник. – Київ, 2007. – 117 с.
3. України СО7Д 243/24 ФС № 953812. Способ отримання 3-окси7-бром-5(орто-хлор)-бенздиазепина / И. И. Иванов; заявитель и патентообладатель Физико-химический институт им. А. В. Богатского. – № 19803; Заявл. 09.04.90; опубл. 22.06.92; НКИ 355/68. — 3 с

Депоновані наукові роботи, патенти, авторські свідоцтва

1. Микрофитобентос Филлофорного поля Зернова. – Севастополь: Деп. в ВИНТИ 11.07.91 г., № 2981. – В91, 1991. – 28 с.
2. Пат. 108514 Україна, № u201512317 на корисну модель. Спосіб отримання ліній рису / Шестопад О. Л., Замбриборщ І. С., Шпак Д. В.; Заявл. 14.12.2015 ; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14. – 5 с.

Приклади бібліографічних описань за BSI

Книги

1. Horiachkovskii A. M. (2005) *Clinical Biochemistry in laboratory diagnostics* [Klinicheskaiia biokhimiia v laboratornoi diahnostike], Odessa: Ecology, 616 p.
2. Dobrochaeva D. N., Kotov M. I., Prokudin Yu. N. (1987) *The determinant of higher plants of Ukraine* [Opredelitel visshih rastenii Ukrainy], Kiev, 548 p.

Книги під редакцією

1. Pozdeev O. K. (2002) *Medical microbiology: a textbook for high schools*. In editor: Pokrovskiy V. I. [Meditsinskaia microbiologhiia: uchebnik dlia VUZ], Moskva: GEOTAR-MED, 786 p.

Статті, збірки

1. Andrievskii A. M., Katanenko S. V., Totskii V. N. (1982) «*Developmental features peptidgidrolazy activity of extracts of tissues Drosophila melanogaster*» [«Ontoheneticheskie osobennosti peptidhidrolazonoi aktivnosti ekstraktov tkanei *Drosophila melanogaster*»], *Ukr. biochemistri J*, No 54, 5, pp 519–524.
2. Klechkovskaia E. A., Ihnatova C. A., Slepchenko A. I. (2010) «*Selection of in vitro wheat genotypes with complex resistance to fusarium cereals*», *Biology of plant cells in vitro, biotechnology and the preservation of the gene pool, VII International Symposium* [«Selektsiia in vitro henotipov pshenitsi s kompleksnoi ustoichivostiu k fuzariozu zlakov» Biologhiia kletok rastenii in vitro, biotekhnologhiia i sokhranenie henofonda], Moskow, p 372.
3. De Man J. C. (2004) «*Cell transfer and Interferon Studies*», Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology, 17–21 May 2004: proc. of conf, Quebec, P. 31.

Дисертації, автореферати

1. Oliarnyk O. O. (2007) The study of lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in diabetes [Doslidzhennia protsessiv perekysnoho okyslennia lipidiv ta aktyvnosti fermentiv antyoksydantnoho zakhystu pry tsukrovomu diabeti. dis....kand. biol. nauk], Kiev, 117 p.

6. ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ПУБЛІКАЦІЇ

О. Л. Шестопад¹, к.б.н., провідний науковий співробітник

І. С. Замбріборш¹, к.б.н., завідувачка лабораторією

Д. В. Шпак², зав. відділом селекції

Т. Г. Алексєєва³, к.б.н., доцент

О. А. Афіногенов¹, інженер

¹Селекційно-генетичний інститут–Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,

Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна,
e-mail:izambriborsh@gmail.com

²Інститут рису Української академії аграрних наук,
с. Антонівка, Скадовський р-н, Херсонська обл., 75705, Україна

³Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра генетики та молекулярної біології, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ОЦІНКА РЕГЕНЕРАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ГІБРИДНОГО МАТЕРІАЛУ РИСУ ПОСІВНОГО (*ORYZA SATIVA* L.)

Проведено тестування гаплопродукційного потенціалу у культурах пиляків п'яти гібридних популяцій F₃ рису *Oryza sativa* L. До культури *in vitro* було введено 30944 пиляків п'яти генотипів. Шляхом андрогенезу в культурі пиляків рису отримано 6542 новоутворень ($21,14 \pm 0,23$ в середньому на 100 пиляків), які регенерували 539 зелених рослин ($1,74 \pm 0,07$ в середньому на 100 пиляків). Найбільший регенераційний потенціал в культурі пиляків виявили у рослин гібридної популяції F₃ Labelle/Малиш ($2,90 \pm 0,17$). На сучасний момент на етапі колосіння дорощуються 193 рослини-регенеранта (35,8 %).

Ключові слова: рис; андрогенез *in vitro*; калюс; регенерація.

... Текст вступу до статті

Матеріали та методи досліджень

Текст матеріалів та методів роботи

Результати та їх обговорення

Висновки

Список використаної літератури

7. ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ РЕЗЮМЕ

**O. L. Shestopal¹, I. S. Zambriborshch¹, D. V. Shpak², T. G. Aliksieieva³,
O. A. Afinogenov¹**

¹Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation

Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopolska road 3, e-mail: izambriborsh@gmail.com

²Rice Research Institute at Ukrainian Academy of Agrarian Sciences

Ukraine, 75705, Kherson region, Skadovsk district, Antonovka village,

³Odesa Mechnykov National University, Department of Genetics and Molecular Biology,

2 Dvoranska Street, Odesa, 65082, Ukraine

EVALUATION OF REGENERATION POTENTIAL OF RICE (*ORYZA SATIVA* L.) HYBRID MATERIAL

Abstract

Introduction. *In vitro* anther culture is an important source of linear material propagation for efficient breeding of rice (*Oryza sativa* L.), in particular due to the reduction of reproduction cycles and the production of homozygous plants. Given the strong variation in the regenerative ability of microspores in different hybrid combinations, it is desirable to cover the maximum number of combinations of hybrids of different generations.

Aim. Evaluation of the haploproduction ability of microspores of promising breeding samples of rice.

Methods. The anthers of five promising hybrid F₃ populations obtained at the Rice Institute (Skadovsk) as a result of hybridization of carriers of various resistance genes to pyriculariosis were used. The inflorescences with microspores at the mid-late stage of development were cut and pretreated for sterilization; the isolated anthers were explanted in Petri dishes on a solid nutrient medium and cultured in the dark until neoplasms were obtained, after which they were transplanted (stage I – after 4-5 weeks). The next transplant event (II stage – after 7-8 weeks) and further cultivation was carried out under lighting to obtain green regenerants.

Results. The high sensitivity to *in vitro* cultivation conditions was shown for five combinations of F₃ rice hybrids. The rate of neoplasm formation varied from 6.4 % (Sirio / YiP4970) to 35 % (Sirio / Marshal). The ability to regenerate in the obtained neoplasms also varied greatly, since most of them were only capable of rhizogenesis, without forming shoots and leaves. Nevertheless, the regenerant plants were obtained for each hybrid combination and the proportion of albinos among the total number of regenerants was relatively small. On average about 40 % of the regenerants obtained in the culture die at the critical stage of adaptation of regenerated plants to *ex vitro* conditions; approximately the same number of plants die during the growing process, being unable to give seed generation.

Conclusions. The most productive from the point of view of plant formation adapted to *ex vitro* conditions was the hybrid population F₃ Labelle / Malish (101 adult plants),

and the least productive was Sirio / YiP4970 (5 adult plants) among the studied combinations. Thus, by androgenesis in anther culture, 336 plants adapted to *ex vitro* conditions were obtained. At the moment, 193 plants are at the earing stage, which is 35.81 % of the total number of green regenerants obtained in the culture.

Key words: rice, androgenesis *in vitro*, callus, regeneration

**О. Л. Шестопад¹, І. С. Замбріборщ¹, Д. В. Шпак², Т. Г. Алексєєва³,
О. А. Афіногенов¹**

¹Селекційно-генетичний інститут–Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,

Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна,
e-mail: izambriborsh@gmail.com

²Інститут рису Української академії аграрних наук,
с. Антонівка, Скадовський р-н, Херсонська обл., 75705, Україна

³Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра генетики та молекулярної біології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ОЦІНКА РЕГЕНЕРАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ГІБРИДНОГО МАТЕРІАЛУ РИСУ ПОСІВНОГО (*ORYZA SATIVA* L.)

Резюме

Проблема. Культура пиляків *in vitro* є найважливішим джерелом лінійного матеріалу для проведення ефективних селекційних робіт зі створення поліпшених сортів рослин, зокрема рису (*Oryza sativa* L.), завдяки скороченню циклів розмноження і отриманню повноцінних гомозиготних рослин. З урахуванням сильного варіювання показників регенераційної здатності мікроспор в різних гібридних комбінаціях бажано охоплювати максимальну кількість комбінацій гібридів різних поколінь.

Мета. Оцінка гаплопродукційної здатності мікроспор перспективних селекційних зразків рису посівного.

Методика. Використовували пиляки п'яти перспективних гібридних популяцій F₃, отриманих в Інституті рису (м. Скадовськ) в результаті гібридизації носіїв різних генів стійкості до збудника пірікуляріоза. Зрізані суцвіття з мікроспорами на середньо-пізній стадії розвитку піддавали передобробці, стерилізували; виділені пиляки експлантували у чашки Петрі на тверде живильне середовище і культивували у темряві до отримання новоутворень, після чого пересаджували (І етап – через 4–5 тижнів). Наступну пересадку (ІІ етап – через 7–8 тижнів) і подальше культивування проводили при освітленні для отримання зелених регенерантів.

Основні результати. Для п'яти використаних комбінацій гібридів F₃ рису показана висока чутливість до умов культивування *in vitro*. Так, показник формуван-

ня новоутворень варіював від 6,4 % (Sirio / УіР4970) до 35 % (Sirio / Маршал). Здатність до регенерації у отриманих новоутворень також сильно варіювала, так як більша частина їх була здатна лише до ризогенезу, не утворюючи пагони і листя. Проте, для кожної гібридної комбінації були отримані рослини-регенеранти, причому частка альбіносів серед загального числа регенерантів була порівняно невелика. На критичному етапі адаптації рослин-регенерантів до умов *ex vitro* в середньому гине близько 40% отриманих в культурі регенерантів; приблизно така ж кількість рослин гине в процесі дорощування, виявляючись нездатними до продукції насіннєвого покоління.

Висновки. Серед вивчених комбінацій найбільш продуктивною з погляду формування рослин, адаптованих до умов *ex vitro* виявилася гібридна популяція F_3 Labelle / Малиш (101 доросла рослина), а найменш продуктивною Sirio / УіР4970 (5 дорослих рослин). Таким чином шляхом андрогенеза в культурі пиляків було отримано 336 рослин, адаптованих до умов *ex vitro*; на даний момент на етапі колосіння знаходиться 193 рослини, що становить 35,81 % від загальної кількості отриманих в культурі зелених регенерантів.

Ключові слова: рис; андрогенез *in vitro*; калюс; регенерація.

Верстка С. О. Остапенко

Підписано до друку 18.12.2020 р. Формат 70х108/16.
Ум.-друк. арк. 18,90. Тираж 100 пр.
Зам. № 2190.

Видавець та виготовлювач
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011.
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна
Тел.: +38 (048) 723 28 39
e-mail: druk@onu.edu.ua