

57
н 34

ISSN 2078-2357

Наукові записки

**Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка**

Серія: біологія



**81 (1-2)
2021**

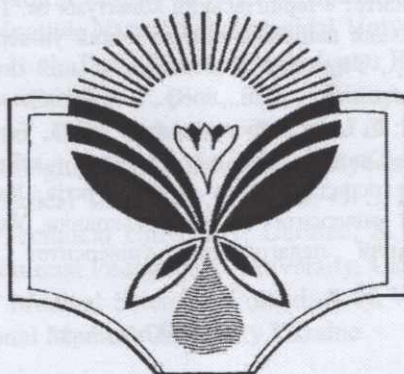
57
434



Наукові записки

**Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
Серія: Біологія**

**Scientific Issues
Ternopil Volodymyr Hnatiuk
National Pedagogical University
Series: Biology**



301
Бібліотека Тернопільського
національного педагогічного
університету ім. В. Гнатюка



883630

**81 (1-2)
2021**

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2021. Т. 81, № 1–2. 114 с.

*Друкується за рішенням вченої ради
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
від 29.06.2021 р. (протокол № 13)*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**Головний редактор:**

Н. М. Дробик – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

Заступники головного редактора:

В. В. Грубінко – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

О. Б. Столяр – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

Члени редакційної колегії:

І. В. Азізов – д.б.н., проф., Інститут молекулярної біології і біотехнології Національної академії наук Азербайджану, Баку; **М. М. Барна** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **О. І. Боднар** – д.б.н., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **В. І. Бумейстер** – д.б.н., проф., Сумський державний університет, Україна; **С. Н. Вадзюк** – д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського, Україна; **А. І. Герц** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **Р. Й. Гончарова** – д.б.н., проф., Інститут генетики і цитології Національної академії наук Білорусі, Мінськ; **Л. Р. Грицак** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **П. Жимські** – д.мед.н. (біологія), доцент, Познанський медичний університет, Польща; **І. Я. Капрусь** – д.б.н., проф., Державний природознавчий музей НАН України, Львів; **В. З. Курант** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **В. Г. Кур'ята** – д.б.н., проф., Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського, Україна; **О. В. Лукаш** – д.б.н., проф., Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т. Г. Шевченка, Україна; **Н. В. Пасчко** – д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського, Україна; **С. В. Пίδα** – д. с-г.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **О. С. Покотило** – д.б.н., проф., Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна; **Г. І. Фальфушинська** – д.б.н., Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **Г. Федак** – д.б.н., проф., Оттавський науково-дослідний центр розвитку сільського господарства та агропродуктів, Канада; **М. М. Федоряк** – д.б.н., проф., Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Україна; **В. О. Хоменчук** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна
(відповідальний секретар)

Коректори:

О. С. Вербовецька

Т. І. Белей

Комп'ютерна верстка:

Г. М. Голіней

О. Б. Мацюк

Адреса редакції:

*Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2
м. Тернопіль, 46027*

E-mail: journal@chem-bio.com.ua<http://journals.chem-bio.com.ua>

Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009.

Українські, російські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським текстом

За зміст, авторську позицію та достовірність наведених у статтях фактів, цитувань відповідальність несуть автори.

© Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

ЗМІСТ

БОТАНІКА

- О. Л. ПОРОХНЯВА, В. М. ГРАБОВИЙ, Г. І. МУЗИКА, Ю. О. РУМ'ЯНКОВ
ВІКОВА СТРУКТУРА ПІДРОСТУ *CARPINUS BETULUS* L.
У КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗАХ НАЦІОНАЛЬНОГО ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ
«СОФІЇВКА» НАН УКРАЇНИ 8

ЗООЛОГІЯ

- Г. М. ГОЛШЕЙ, М. З. ПРОКОП'ЯК, О. В. РОКЕЦЬКА, Л. О. ШЕВЧИК,
М. А. КРИЖАНОВСЬКА
ВИДИ ПІДРОДИНИ NIMPHALINAE В ЗООЛОГІЧНИХ КОЛЕКЦІЯХ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА 14
- І. М. ГРОД, І. В. ЗАГОРОДНЮК, Л. О. ШЕВЧИК, Н. Я. КРАВЕЦЬ
МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ГРИЗУНІВ У ЛІСОВИХ БІОТОПАХ
ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ (НА ПРИКЛАДІ *MYODES GLAREOLUS*) 19

БІОХІМІЯ

- В. О. ХОМЕНЧУК, Ю. І. СЕНИК, В. З. КУРАНТ
ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТУ ЦИНКУ І КАДМІЮ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНИ
ЕРИТРОЦИТІВ ЗА ДІЇ ПІДВИЩЕНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЇХ ІОНІВ У ВОДІ 31

ГІДРОБІОЛОГІЯ

- L. V. VOROVYOVA
THE ROLE OF ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE FORMATION
OF TEMPORARY MEIOFAUNA OF THE ODESSA SEA REGION
OF THE BLACK SEA 39

ЕКОЛОГІЯ

- Ю. С. ЮХИМЕНКО, Л. І. БОЙКО, Н. М. ДАНИЛЬЧУК, О. В. КРАСНОШТАН,
О. П. КОРЖ
СТАН ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *POPULUS* L. У ПАРКУ «САКСАГАНСЬКИЙ»
МІСТА КРИВИЙ РІГ (ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ) 46

ІХТІОЛОГІЯ

- В. О. КУРЧЕНКО, Т. С. ШАРАМОК, О. М. МАРЕНКОВ
ГІСТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЯБЕР ТА НИРОК КАРАСЯ
СРІБЛЯСТОГО З ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА 53

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

- О. С. ВОЛОШИН, М. В. ГОВ'ЯК, О. В. ПОПАДЮК
ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ І ОБРОБКИ
СЕНСОРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ 59
- С. О. ЛИТВИНЮК, П. Г. ЛИХАЦЬКИЙ, І. Б. ПРИВРОЦЬКА, Н. Є. ЛІСНИЧУК
УЛЬТРАСТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ НЕЙРО-ГЛІАЛЬНО-КАПІЛЯРНИХ
ВІДНОСИН САЗ ПОЛЯ ГІПОКАМПА ЧЕРЕЗ 21 ДОБУ ЗА УМОВ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ТРАВМИ 63

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

- І. С. БРОЩАК, О. Б. КОНОНЧУК, С. В. ПИДА, А. І. ГЕРЦ, Н. В. ГЕРЦ
ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБРИВА ПЛАНТАФІЛ У ПОСІВАХ СОЇ ЗА НЕСТАЧІ
ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ 70
- В. П. КАРПЕНКО, І. І. МОСТОВ'ЯК, А. А. ДАЦЕНКО, Р. М. ПРИТУЛЯК,
О. І. ЗАБОЛОТНИЙ
ВМІСТ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ ГРЕЧКИ
ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ 83

ОГЛЯДИ

Ю. Д. МАРЦІНИШИН, С. В. ПИДА
 БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)
 ЗА ВПЛИВУ ДОБРИВ..... 90

ПОВІДОМЛЕННЯ, РЕЦЕНЗІЇ, ХРОНІКА

М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА
 [РЕЦЕНЗІЯ]. СТЕПАН КОСТИШИН. МЕЛОДІЯ СТАРОЇ ФІСГАРМОНІЇ.
 ЖИТТЯ НА ЗРІЗІ СТОЛІТЬ..... 99

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ 108

БОТАНІКА

УДК 630*182.51:630*231.1:582.632.1

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.1

О. Л. ПОРОХНЯВА, В. М. ГРАБОВИЙ, Г. І. МУЗИКА, Ю. О. РУМ'ЯНКОВ

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України
вул. Київська, 12а, Умань, Черкаська область, 20300
e-mail: porokhniava@gmail.com

ВІКОВА СТРУКТУРА ПІДРОСТУ *CARPINUS BETULUS* L. У КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗАХ НАЦІОНАЛЬНОГО ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «СОФІЇВКА» НАН УКРАЇНИ

Здійснено аналіз природного поновлення аборигенних рослин у культурфітоценозах Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАНУ. У результаті обстеження дендрологічної структури виявлено життєздатний підріст головних структуроутворюючих видів під наметом деревостану. З'ясовано перспективність заміни сенільних рослин *Carpinus betulus* L. молодим поколінням. Підріст *C. betulus* складає 4,5 % від загальної кількості життєздатного підросту на пробних площах, що значно менше порівняно з *A. platanoides* – 64,5 % та *A. campestre* – 20,7 %. Відмічено наявність достатньої кількості життєздатного віргінільного та молодого генеративного підросту *C. betulus*, що в майбутньому здатний сформувати деревостан. Вчасне видалення природного поновлення агресивних аборигенних та інтродукованих видів сприятиме створенню комфортних умов для росту і розвитку молодого покоління *C. betulus*.

Ключові слова: *Carpinus betulus* L., аборигенний вид, деревостан, підріст, онтогенетичний стан.

Культурфітоценоз не стабільна структура, яка потребує регулярного моніторингу та догляду. Розпад насаджень відбувається під впливом несприятливих умов середовища та у зв'язку з досягненням біологічної межі онтогенетичного розвитку. Питання збереження композиційного задуму в історичних парках під час реконструкції насаджень є головним завданням дендрологів. Використання аборигенних видів для створення та реконструкції садово-паркових об'єктів є перспективним з ряду причин: високий ступінь адаптації рослин до умов навколишнього середовища, дешевизна та доступність садивного матеріалу, а також, завдяки імітації природного фітосередовища, комфортний психоемоційний вплив на рекреантів. Важливим джерелом матеріалу для реконструкційних робіт виступає молоде покоління поширених у деревостані рослин. Позитивне значення для природного поновлення має життєздатний підріст у віргінільному стані [10, 15]. На успішність росту і розвитку підросту впливає піднаметова освітленість, товщина гумусового горизонту, термо- та омброклімат, вологість, кислотність та засоленість ґрунту, а також наявний вміст азоту та карбонатів [1, 10, 11, 12].

Рослини виду *Carpinus betulus* L. входять у переважну більшість листяних насаджень Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАНУ, беруть участь у формуванні деревостанів разом із *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Acer campestre* L. та *Fraxinus excelsior* L. У зв'язку з природним відпадом рослин *C. betulus* та активним зниженням їх життєздатності, що було виявлено нами за останні 10 років, питання перспективи самовідновлення виду на території парку є актуальним.

Об'єктом наукового дослідження був підріст *C. betulus* в умовах НДП «Софіївка» НАН України. Предмет дослідження – вікова структура підросту *C. betulus*.

Мета роботи полягала в з'ясуванні вікової структури підросту *C. betulus* в умовах культурфітоценозів НДП «Софіївка» НАН України. Для вирішення цього питання було визначено кількісний та віковий склад підросту *C. betulus* та інших аборигенних рослин. На основі отриманих результатів було спрогнозовано перспективність заміни сенільних рослин *C. betulus* молодими, а також запропоновано практичні рекомендації з догляду за підростом *C. betulus* в умовах НДП «Софіївка» НАН України.

Матеріал і методи досліджень

Для обчислення підросту закладали пробні площі у вигляді кола діаметром 50 м. Опис дендрологічної структури виконували на однорідних (гомогенних) ділянках рослинності, які були відібрані у ході рекогносцирувальної екскурсії [5]. Обрані ділянки типові за інтенсивністю догляду, подібні за рельєфом, мікрокліматичними та ґрунтовими умовами. Під час обстеження визначали: склад деревостану, кількість підросту, вид, онтогенетичний стан [7, 9, 13]. Видові назви встановлювали у відповідності з визначниками номенклатурних назв рослин [4, 14, 15].

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз вікової структури – обов'язковий етап фітоценотичних досліджень садово-паркових культурфітоценозів. Цей показник характеризує життєвість окремих рослин та стійкість угруповання в цілому. Популяція представлена великою кількістю генеративних та прегенеративних особин, згідно класифікації Т. А. Работнова (1983), є нормальною, тобто вид перспективний у фітоценозі, володіє здатністю до самовідновлення та активного поширення [9]. Якщо вид в угрупованні представлений старими генеративними та сенільними рослинами, це вказує на деградацію та деструкцію популяції виду. Такі популяції називаються регресивними, а штучні угруповання за їх участю потребують реконструкції та оптимізації.

Сприятливими умовами для природного поновлення деревних рослин є наявність життєздатного насіння, стабільна вологість ґрунту, відсутність різких коливань температур, низьке задерніння ґрунту світлолюбними трав'янистими рослинами, велика кількість мікоризоутворювачів в поверхневому шарі ґрунту. Негативну дію чинять низький рівень піднаметового освітлення, агресивний алелопатичний вплив, висока конкуренція з материнськими рослинами, щільна вологонепроникна підстилка [2].

Для створення нових та реконструкції існуючих історичних насаджень доцільно використовувати довговічні та стійкі до несприятливих погодно-кліматичних умов аборигенні рослини. Функціонування таких садово-паркових об'єктів характеризується високою економічною ефективністю та спрощеним подальшим доглядом [6].

Основою дендрологічної складової НДП «Софіївка» є покритонасінні аборигенні рослини, зокрема *C. betulus*, який займає одне з головних місць. Для відображення основних тенденцій природного поновлення *C. betulus*, було закладено пробні площі в кварталах, де зосереджена найбільша кількість аборигенних рослин (рис. 1, табл. 1).

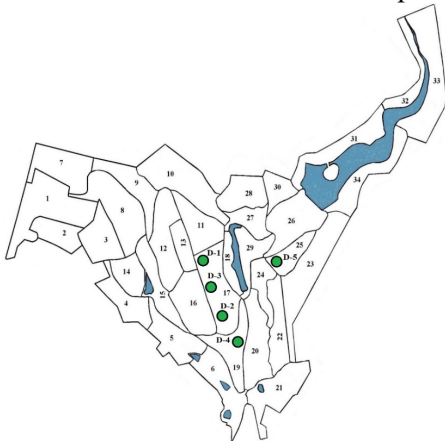


Рис. 1. Розміщення пробних площ на території НДП «Софіївка» НАН України (D-1– D-5 – пробні площі).

Дендрологічна структура пробних площ

Пробна площа	Склад деревостану	Підріст
D-1	4Гз3Яз3Клг+Дз+Лс+Взг	<i>Acer platanoides</i> L., <i>Fraxinus excelsior</i> L., <i>Acer tataricum</i> L., <i>Carpinus betulus</i> L., <i>Tilia cordata</i> Mill., <i>Ulmus laevis</i> Pall.
D-2	6Гз2Клг1Яз1Дз+Лс+Клп	<i>Acer platanoides</i> L., <i>Carpinus betulus</i> L., <i>Tilia cordata</i> Mill., <i>Ulmus laevis</i> Pall.
D-3	5Гз3Клг2Дз+Лс+Взг+Яз	<i>Acer platanoides</i> L., <i>Acer campestre</i> L., <i>Fraxinus excelsior</i> L., <i>Carpinus betulus</i> L., <i>Tilia cordata</i> Mill.
D-4	4Яз2Дз2Сч1Бер1Гз+Взш+Взг+Клп+Глк+Лпс	<i>Acer platanoides</i> L., <i>Acer campestre</i> L., <i>Ulmus glabra</i> Huds., <i>Fraxinus excelsior</i> L., <i>Carpinus betulus</i> L.
D-5	4Яз3Клг2Взш1Лс+Гз	<i>Acer campestre</i> L., <i>Acer platanoides</i> L., <i>Fraxinus excelsior</i> L., <i>Carpinus betulus</i> L.

Деревостан на закладених пробних площах сформований аборигенними видами, за виключенням ділянки D-4, на якій ростуть сенільні екземпляри *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. Під наметом відмічено життєздатний самосів *U. laevis*, *U. glabra*, *C. betulus*, *A. platanoides*, *A. campestre*, *A. tataricum*, *T. cordata* та *F. excelsior* у різних онтогенетичних станах – від проростків до молодих генеративних рослин (рис. 2, табл. 2).

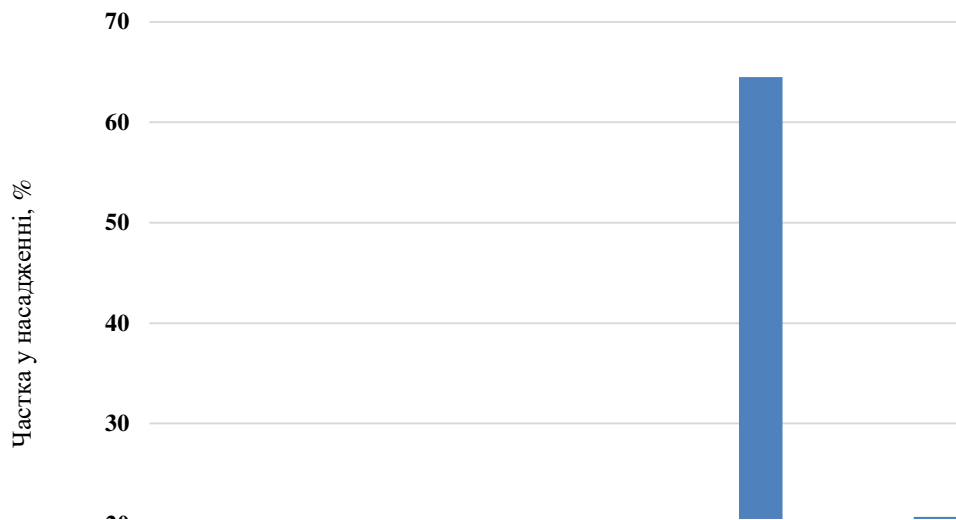


Рис. 2. Видовий склад підросту на пробних площах.

Результати аналізу видового складу підросту вказують на успішне поновлення аборигенних видів у культурфітоценозах парку. Найбільшу кількість підросту відмічено у *A. platanoides* – 64,5 % від сумарної кількості підросту на пробних площах. Рослини виду *A. platanoides* характеризуються стабільним регулярним плодоношенням, високою насінною продуктивністю та рясною появою сходів.

На другому місці за часткою участі у підрості знаходиться *A. campestre* – 20,7 %, його поширенню сприяє висока тіневитривалість рослин та інтенсивне вегетативне розмноження, підріст цього виду може тривалий час існувати в підліску, зберігаючи високу життєздатність.

Третє місце – 5,6 % займає підріст *F. excelsior*. На успішність поновлення цього виду впливає щільність трав'яного покриття, проростки не витримують конкуренції з боку трав'янистої рослинності.

A. platanoides, *A. campestre* та *F. excelsior* активно поширюються, легко займають вільну площу, завдяки особливостям будови насіння можуть проростати на значній відстані від материнських рослин.

C. betulus складає 4,5 % від загальної кількості підросту на пробних площах, зосереджений переважно під наметом генеративних рослин. Не зважаючи на те, що рослини цього виду займають значне місце у деревостані, кількість підросту значно поступається *A. platanoides* та *A. campestre*.

Частка участі у підрості *U. laevis*, *U. glabra*, *A. tataricum* та *T. cordata* незначна та становить менше 3 % для кожного виду.

Таблиця 2

Розподіл підросту за онтогенетичним станом

Онтогенетичний стан	Частка у підрості, %							
	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	<i>Ulmus glabra</i> Huds.	<i>Carpinus betulus</i> L.	<i>Acer platanoides</i> L.	<i>Acer campestre</i> L.	<i>Acer tataricum</i> L.	<i>Tilia cordata</i> Mill.	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
p	0,5	0,8	2,1	28,3	9,4	0,2	0,4	2,2
j	0,2	0,6	1,2	15,1	3,2	0,1	0,3	1,4
im	0,1	1,0	0,6	11,0	2,6	0,1	0,2	0,9
v	< 0,1	-	0,5	10,0	5,4	-	0,2	1,1
g ₁	< 0,1	-	0,1	0,2	0,2	-	< 0,1	< 0,1

Найбільшу кількість проростків виявлено у *A. platanoides* – 28,3 %, а найменшу – у *A. tataricum* – 0,2 %. Проростки, ювенільні та іматурні рослини були відмічені у всіх досліджуваних видах, однак у *U. glabra* та *A. tataricum* не знайдено віргінільних та молодих генеративних рослин. Найвищу перспективність природного поновлення мали *A. platanoides* (v – 10,0 %; g₁ – 0,2 %) та *A. campestre* (v – 5,4 %; g₁ – 0,2 %). Середня перспективність у *F. excelsior* (v – 1,1 %; g₁ – < 0,1 %) та *C. betulus* (v – 0,5 %; g₁ – 0,1 %). Найменшу частку віргінільного та молодого генеративного підросту мали *T. cordata* (v – 0,2 %; g₁ – < 0,1 %) та *U. laevis* (v – < 0,1 %; g₁ – < 0,1 %).

Питання збереження дендрологічної структури в історичних парках потребує виконання ряду агротехнічних заходів, спрямованих на забезпечення декоративності та довговічності рослинних угруповань. Культурфітоценози з участю *C. betulus* є основою історичної частини НДП «Софіївка», ці насадження є одними з небагатьох самовідновлюваних у парку, адже аборигенні види мають вищий адаптаційний потенціал та здатні до успішного поновлення. Контроль за співвідношенням видового та кількісного складу підросту, вчасні раціональні санітарні та ландшафтні рубки створюватимуть оптимальні умови для росту і розвитку підросту *C. betulus*.

Висновки

В умовах НДП «Софіївка» НАН України для аборигенних видів характерне успішне природне поновлення. Виявлено життєздатний підріст *U. laevis*, *U. glabra*, *C. betulus*, *A. platanoides*, *A. campestre*, *A. tataricum*, *T. cordata* та *F. excelsior*.

C. betulus – важливий структуроутворюючий вид, успішність природного поновлення якого має безпосередній вплив на стабільність рослинних угруповань парку. Загальна кількість підросту *C. betulus* складає 4,5 %, що значно менше, порівняно з *A. platanoides* (64,5 %) та *A. campestre* (20,7 %).

Перспективність природного поновлення рослин виду *C. betulus* за кількісною та віковою характеристикою подібна до *F. excelsior*. Кількість віргінільних рослин становить 0,5 %, а

молодих генеративних – 0,1 %, порівняно з *A. platanoides* та *A. campestre* отримані показники у понад 10 разів менші для віргінільних та у 2 рази – для молодих генеративних рослин, що вказує на слабку конкурентоздатність підросту *C. betulus*.

Регулярне видалення надлишкової кількості більш агресивніших рослин *A. platanoides*, *A. campestre* та *F. excelsior* є основним заходом зі створення оптимальних умов для росту і розвитку природного поновлення *C. betulus*.

1. Алексеев В. А. Световой режим леса. Ленинград : Наука, 1975. 228 с.
2. Атрохин В. Г., Кузнецов Г. В. Лесоводство. Москва : Агропромиздат, 1989. 231 с.
3. Заячук В. Я. Дендрологія. Голонасінні : навч. посіб. Львів : ТзОВ «Фірма «Камула», 2005. 176 с.
4. Заячук В. Я. Дендрологія. Покритонасінні : навч. посіб. Львів : ТзОВ «Фірма «Камула», 2004. 408 с.
5. Кузьмішина І. І., Коцун Л. О., Коцун Б. Б., Фіщук О. С. Фітоценологія : методичні рекомендації до лабораторних занять для студентів спеціальностей 091 «Біологія», 014 «Середня освіта (Біологія)» біологічного факультету : 2-ге видання, доповнено і перероблено. Луцьк : Вежа-Друк, 2019. 83 с.
6. Масальський В. П., Кузнецов С. І. Аборигенна дендрофлора покритонасінних – основа паркобудування в Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 8. С. 14–18. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280802>.
7. Определитель высших растений Украины / за ред. Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин и др. 2 изд. стереот. Киев : Фитосоциосентр, 1999. 548 с.
8. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах. *Труды БИН АН СССР*. Москва–Ленинград : Издательство АН СССР, 1950. Вып. 6. Сер. 3. Геоботаника. С. 7–204.
9. Работнов Т. А. Фитоценология : 2-е изд. Москва : Издательство Московского университета, 1983. 296 с.
10. Рыжков О. В. Состояние и развитие дубрав Центральной лесостепи. Тула : ЦЧГЗ, 2001. 182 с.
11. Скляр В. Г. Екологічні зв'язки дрібного підросту деяких широколистяних порід. *Український ботанічний журнал*. 2002. Том 59, № 5. С. 589–597.
12. Турчин Т. Я. Естественные степные дубравы Донского бассейна и их восстановление. Москва : ВНИИЛМ, 2004. 312 с.
13. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов. *Биологические науки*. 1975. № 2. С. 7–34.
14. Ценопопуляции растений : основные понятия и структура / ред. О. В. Смирновой. Москва : Наука, 1976. 214 с.
15. Coates K. D. Tree recruitment in gaps of various size, clearcuts and undisturbed mixed forest of interior British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management*. 2002. № 155. P. 387–398.

References

1. Alekseev V. A. Svetovoy rezhim lesa. Leningrad : Nauka, 1975. 228 s. [in Russian]
2. Atrokhin V. G., Kuznetsov G. V. Lesovodstvo. Moskva : Agropromizdat, 1989. 231 s. [in Russian]
3. Zaiachuk V. Ya. Dendrolohiia. Holonasinni: navch. posib. Lviv : TzOV «Firma «Kamula», 2005. 176 s. [in Ukrainian]
4. Zaiachuk V. Ya. Dendrolohiia. Pokrytonasinni: navch. posib. Lviv : TzOV «Firma «Kamula», 2004. 408 s. [in Ukrainian]
5. Kuzmishyna I. I., Kotsun L. O., Kotsun B. B., Fishchuk O. S. Fitotsenolohiia : metodychni rekomendatsii do laboratornykh zaniat dlia studentiv spetsialnostei 091 «Biolohiia», 014 «Serednia osvita (Biolohiia)» biolohichnoho fakultetu : 2-he vydannia, dopovнено i pererobleno. Lutsk : Vezha-Druk, 2019. 83 s. [in Ukrainian]
6. Masalskyi V. P., Kuznietsov S. I. Aboryhenna dendroflora pokrytonasinnnykh – osnova parkobuduvannia v Lisostepu Ukrainy. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy*. 2018. T. 28, No 8. S. 14–18. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280802>. [in Ukrainian]
7. Opredelitel vysshikh rasteniy Ukrainy / za red. D. N. Dobrochaeva, M. I. Kotov, Iu. N. Prokudin i dr. 2 izd. stereot. Kiev : Fitosotsiotsentr, 1999. 548 s. [in Russian]
8. Rabotnov T. A. Zhiznennyi tsikl mnogoletnikh travianistykh rasteniy v lugovykh tsenozakh. *Trudy BIN AN SSSR*. Moskva–Leningrad : Izdatelstvo AN SSSR, 1950. Vyp. 6. Ser. 3. Geobotanika. S. 7–204. [in Russian]
9. Rabotnov T. A. Fitotsenologiia : 2- e izd. Moskva : Izdatelstvo Moskovskogo universiteta, 1983. 296 s. [in Russian]
- 12 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2021, Т. 81, № 1–2

10. Ryzhkov O. V. Sostoianie i razvitie dubrav Tsentral'noy lesostepi. Tula : TsChGZ, 2001. 182 s. [in Russian]
11. Skliar V. H. Ekologichni zviazky dribnoho pidrostu deiakykh shyrokolystianykh porid. *Ukrains'kyi botanichnyi zhurnal*. 2002. Tom 59, No 5. S. 589–597. [in Ukrainian]
12. Turchin T. Ia. Estestvennye stepnye dubravy Donskogo basseyna i ikh vosstanovlenie. Moskva : VNIILM, 2004. 312 s. [in Russian]
13. Uranov A. A. Vozrastnoy spektr fitotsenopopuliatsiy kak funktsiia vremeni i energeticheskikh volnovykh protsessov. *Biologicheskie nauki*. 1975. No 2. S. 7–34. [in Russian]
14. Tsenopuliatsii rastenyi : osnovnye poniatiia i struktura / red. O. V. Smirnovoy. Moskva : Nauka, 1976. 214 s. [in Russian]
15. Coates K. D. Tree recruitment in gaps of various size, clearcuts and undisturbed mixed forest of interior British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management*. 2002. № 155. P. 387–398.

O. L. Porokhniava, V. M. Hrabovyi, H. I. Muzyka, Y. O. Rumiankov

National Dendrological Park «Sofiyivka» of NAS of Ukraine

AGE STRUCTURE OF THE YOUNG GROWTH OF *CARPINUS BETULUS* L. IN THE ARTIFICIAL PHYTOCENOSES OF NATIONAL DENDROLOGICAL PARK «SOFIYIVKA» OF NAS OF UKRAINE

The issue of preserving the dendrological structure in historical parks requires the implementation of a number of agronomic measures aimed at ensuring the decorative and durability of plant communities. The plants of *Carpinus betulus* L. are included in the vast majority of deciduous plantations of the National Dendrological Park «Sofiyivka» of NASU, form the stands with the participation of *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Acer campestre* L. and *Fraxinus excelsior* L. The question of self-recovery of *C. betulus* plants in the park is relevant in connection with natural waste and active reduction of its viability identified over the past 10 years. The analysis of the success of natural regeneration of aboriginal plants in the cultural phytocenoses of the National Dendrological Park «Sofiyivka» of NASU has been conducted. As a result of the survey of the dendrological structure, viability of the young growth of the main structure-forming species under the stand was revealed. The prospects of replacing senile plants of *C. betulus* with the younger generation have been outlined. The young growth of *C. betulus* is 4.5% of the total number of viable undergrowth in the test plots, which is significantly less compared to *A. platanoides* – 64.5 % and *A. campestre* – 20. 7%. There is a sufficient number of viable virginile and young generative plants of *C. betulus*, which in future is able to form a stand. Prospects for natural regeneration of plants of the *C. betulus* species are average, similar in quantitative and age characteristics to plants of the *Fraxinus excelsior* L. The number of virginile plants is 0.5 %, and young generative – 0.1 %, compared with *A. platanoides* and *A. campestre*, the results are more than 10 times lower for virginile and 2 times – for young generative plants, which indicates a weak competitiveness of the young growth of *C. betulus*. Artificial phytocenoses with the participation of *C. betulus* are one of a few self-regenerating species in the park, as aboriginal species have a higher adaptive potential and are capable of successful renewal. Control over the ratio of species and quantitative composition of undergrowth, timely rational sanitary and landscape felling will create optimal conditions for growth and development of the young growth of *C. betulus*. Regular removal of aggressive plants of *A. platanoides*, *A. campestre* and *F. excelsior* will help preserve the existing structure of the stand in the historic part of the NDP «Sofiyivka».

Keywords: *Carpinus betulus* L., aboriginal species, stand, the young growth, ontogenetic state.

Надійшла 10.03.2021.

ЗООЛОГІЯ

УДК 595.789

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.2

Г. М. ГОЛІНЕЙ, М. З. ПРОКОП'ЯК, О. В. РОКЕЦЬКА, Л. О. ШЕВЧИК,
М. А. КРИЖАНОВСЬКА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: halyna.holiney@gmail.com

ВИДИ ПІДРОДИНИ NIMPHALINAE В ЗООЛОГІЧНИХ КОЛЕКЦІЯХ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА

У статті проведено аналіз видового різноманіття комах з підродина Nimphalinae ряду Лускокрилі (Lepidoptera), які зберігаються в ентомологічних колекціях кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. У колекціях представлені як матеріали власних досліджень, так і матеріали, зібрані студентами під час навчально-польових практик, а також зібрані ентомологами-любителями протягом 2000–2020 рр.

Проаналізувавши видовий склад зібраних комах, було встановлено 7 видів загальною кількістю 202 особини із підродина Nimphalinae. Досліджені комахи належать до п'яти родів: *Vanessa*, *Inachis*, *Agalis*, *Polygonia* і *Nymphalis*.

У результаті проведених досліджень виявлено найбільшу кількість особин таких видів цієї підродина, як сонцевик павиче око (*Inachis io*) – 75 ос., сонцевик адмірал (*Vanessa atalanta*) – 52 ос., сонцевик будяковий (*Cynthia cardui*) – 45 ос.

Цінний червонокнижний вид *Nymphalis vaualbum* в ентомологічних колекціях не виявлений.

Ключові слова: колекції комах, денні метелики, підродина Nimphalinae, види, занесені до Червоної книги України.

Зоологічні музеї є одними з найцінніших надбань природничої науки. Вони є базою для наукових досліджень, а також використовуються з навчально-просвітницькою метою. Такі музеї дозволяють концентрувати й накопичувати в одному місці матеріали, які неможливо зібрати за короткий проміжок часу силами одного дослідницького колективу, забезпечуючи збереження колекційних зразків різної давнини і з різних місцевостей в одному місці [4].

У монографії І. В. Шидловського (2012) актуально висвітлено інформацію про виникнення й розвиток музейної справи у світі та Україні зокрема. У цьому виданні міститься важлива інформація про стан зоологічних колекцій і загалом зоологічних музеїв у вищих навчальних закладах України [11].

Одним з головних напрямків діяльності зоологічних музеїв є наукове опрацювання колекцій. На сьогодні актуальним є збереження репрезентативних музейних колекцій, оскільки вони є науковою підтвердженою документацією природного різноманіття тварин. В умовах зростаючого антропогенного навантаження, яке змінює структуру природних ландшафтів, відбувається збіднення видового різноманіття.

У зоологічних фондах кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ ім. В. Гнатюка) зібрана колекція комах, поширених на території Західної України. Проте колекційні матеріали з часом руйнуються і втрачаються. Значна частина колекцій комах щорічно поповнюється видами, які збирають разом із студентами під час навчально-польових практик викладачі, а також видами, наданими ентомологами-любителями [3].

Ряд Лускокрилі (Lepidoptera) характеризується великою таксономічною різноманітністю. На сьогодні дослідження видового різноманіття цього ряду комах є важливим і актуальним, оскільки метелики відіграють важливу роль у природних екосистемах, а особливо цінною є їхня функція як біоіндикаторів середовища [2].

Метою цієї роботи є критичне опрацювання колекцій щодо видового різноманіття комах із ряду Лускокрилі підродини Сонцевики (Nymphalinae) у зоологічних фондах кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалом для аналізу видового різноманіття підродини Nymphalinae слугували ентомологічні колекції кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка. У колекціях представлені як матеріали власних досліджень, так і матеріали, зібрані студентами під час навчально-польових практик, а також ентомологами-любителями, зібрані протягом 2000–2020 рр.

Підрахунок чисельності видів проведено в усіх ентомологічних колекціях, які наявні у фондах кафедри ботаніки та зоології. У лабораторних умовах за допомогою сучасних визначників комах проводили аналіз таксономічної належності ентомологічного матеріалу [5, 7].

Результати досліджень та їх обговорення

Нижче подано таксономічну структуру підродини Nymphalinae у фауні України. На сьогодні ця підродина в Україні представлена шістьма родами: *Vanessa*, *Inachis*, *Agalis*, *Polygonia*, *Araschnia*, *Nymphalis* [7].

Клас Комахи – Insecta

Ряд Лускокрилі – Lepidoptera

Підряд Булавовусі Лускокрилі – Rhopalocera

Надродина Косатцюваті – Papilionoidea (Latreille, 1802)

Родина Сонцевики – Nymphalidae (Swainson, 1827)

Підродина Сонцевики – Nymphalinae (Swainson, 1827)

Рід *Vanessa* Fabricius, 1807

Вид Сонцевик адмірал – *Vanessa atalanta* (Linnaeus, 1758)

Підрід *Cynthia*

Вид Сонцевик будяковий – *Cynthia cardui* (Linnaeus, 1758)

Рід *Inachis* Hübner, 1819

Вид Сонцевик павиче око – *Inachis io* (Linnaeus, 1758)

Рід *Agalis* Dalman, 1816

Вид Сонцевик кропив'яний – *Agalis urticae* (Linnaeus, 1758)

Рід *Polygonia* Hübner, 1819

Вид Щербатка с-біле – *Polygonia c-album* (Linnaeus, 1758)

Рід *Araschnia* Hübner, 1819

Вид Сонцевичок змінний – *Araschnia levana* (Linnaeus, 1758)

Рід *Nymphalis* Kluk, 1780

Вид Сонцевик жалібниця – *Nymphalis antiopa* (Linnaeus, 1758)

Вид Сонцевик рябий – *Nymphalis polychloros* (Linnaeus, 1758)

Вид Сонцевик чорно-рудий – *Nymphalis xanthomelas* (Esper, 1781)

Вид Сонцевик фау-біле – *Nymphalis vaualbum* ([Denis & Schiffermüller], 1775).

Проаналізувавши видовий склад лускокрилих, у дослідженій колекції встановлено 7 видів загальною кількістю 202 особини із підродини *Nymphalinae* (рис. 1). Досліджені комахи належать до п'яти родів: *Vanessa*, *Inachis*, *Agalis*, *Polygonia* і *Nymphalis*.

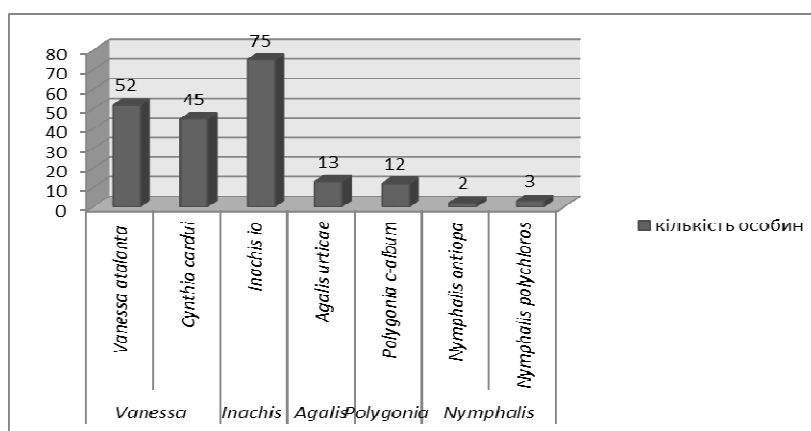


Рис. 1. Видовий склад комах з підродини *Nymphalinae* і їхня кількість у фондах кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

У результаті критичного вивчення матеріалу виявлено найбільшу кількість особин таких видів цієї підродини, як сонцевик павиче око (*Inachis io*) – 75 ос., сонцевик адмірал (*Vanessa atalanta*) – 52 ос., сонцевик будяковий (*Cynthia cardui*) – 45 ос. У меншій кількості у ентомологічних колекціях кафедри виявлені *Agalis urticae* – 13 ос. і *Polygonia c-album* – 12 ос.

Слід зазначити, що всі ідентифіковані нами види поширені повсюдно на території України і населяють різноманітні відкриті й екотонні біотопи, луки, лісові узлісся, галявини і просіки, чагарники, а також сади та присадибні ділянки, парки і сквери, поля, пустирі тощо [1, 2, 6, 7, 10].

До порівняння: на території природного заповідника «Медобори» виявлено 8 видів із підродини *Nymphalinae* (*Vanessa atalanta*, *Cynthia cardui*, *Inachis io*, *Agalis urticae*, *Polygonia c-album*, *Araschnia levana*, *Nymphalis antiopa*, *Nymphalis xanthomelas*) [6].

Проблема охорони тварин і, у тому числі, представників ентомофауни із ряду Лускокрилі є дуже актуальною в контексті збереження біорізноманіття. Саме воно у природних екосистемах, а також роль метеликів у біосфері і біоіндикаторна функція є причинами до впровадження комплексу заходів щодо їх охорони і збереження. Тому деякі види лускокрилих занесені до Червоних книг різних держав Європи і, у тому числі, України. Однак, кількість видів лускокрилих, яким загрожує зникнення, є набагато більшою [9].

Європейський Червоний список (ЄЧС) – це огляд статусу європейських видів відповідно до регіональних рекомендацій Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів (МСОП) (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN). Він визначає ті види, яким на європейському рівні загрожує зникнення, і слугує для того, щоб можна було вжити відповідні заходи щодо їх збереження і охорони. ЄЧС складено Глобальною програмою видів МСОП, Комісією з виживання видів та Європейським регіональним бюро. На сьогодні в Європейський Червоний список було включено 15060 видів тварин [12].

ЄЧС містить кілька категорій загрози: CR (Critically endangered) – критичний стан загрози, DD (Data deficient) – недостатньо відомий, EN (Endangered) – у стані загрози, LC (Least concern) – поза загрозою, NT (Near threatened) – близький до стану загрози, VU (Vulnerable) – вразливий [2]. До останнього видання Європейського червоного списку включено всі види булавовусих лускокрилих фауни Європи [13], проте більшість із них віднесено до категорії LC.

У фондах кафедри виявлені широко поширені чисельні та звичайні види підродини *Nymphalinae* (за винятком *Araschnia levana*, *Nymphalis xanthomelas*, *Nymphalis vaualbum*),

існуванню яких нічого не загрожує, тому що ці види здатні заселяти широкий спектр біотопів, у тому числі й антропогенних. Ідентифіковані види належать до категорії LC.

До Червоної книги України (2009) занесено 59 видів комах із ряду Лускокрилі. З них 27 є представниками підряду Rhopalocera. Цей підряд представлений такими родинami: Носатки (Libytheidae) – 1 вид (4 %), Косатцеві (Papilionidae) – 5 видів (18 %), Білани (Pieridae) – 3 види (11 %), Синявці (Lycaenidae) – 7 видів (26 %), Ріодініди (Riodinidae) – 1 вид (4 %), Німфаліди (Nymphalidae) – 3 види (11 %), Сатири (Satyridae) – 7 видів (26 %) (рис. 2).

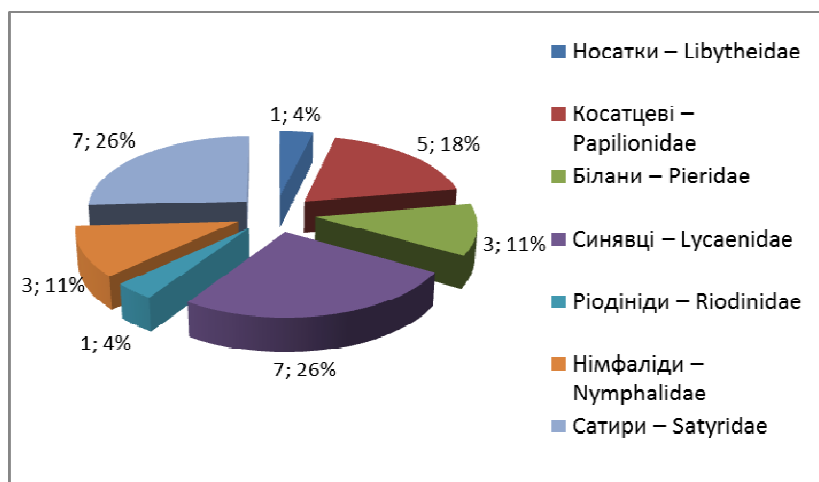


Рис. 2. Частка видового різноманіття родин у складі підряду Rhopalocera, занесених до Червоної книги України (2009).

Родина Сонцевики (Nymphalidae) включає три види, занесені до Червоної книги України: райдужниця велика – *Apatura iris* (Linnaeus, 1758), сонцевик фау-біле – *Nymphalis vaualbum* ([Denis & Schiffermüller], 1775), стрічкарка тополева – *Limenitis populi* (Linnaeus, 1758) [9]. До підродини Сонцевики (Nymphalinae) належить сонцевик фау-біле, природоохоронний статус якого не оцінений. У фондах кафедри ботаніки та зоології цього виду на основі аналізу колекцій не виявлено, оскільки в Україні він є дуже рідкісним і відомий за небагатьма поодинокими знахідками у лісовій та лісостеповій зонах [7, 8].

Висновки

Проаналізувавши видовий склад зібраних комах, які є в ентомологічних колекціях на кафедрі ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка, встановили 7 видів (загальна кількість 202 особини із підродини Nymphalinae). Досліджені комахи належать до п'яти родів (*Vanessa*, *Inachis*, *Agalis*, *Polygonia*, *Nymphalis*) і є поширеними видами по всій території України. Особливої уваги на вивчення та збереження заслуговують лускокрилі, які представлені в ентомологічних колекціях, тому що є базою для наукових досліджень, а також використовуються з навчально-просвітницькою метою.

1. Голобородько К. К., Пахомов А. Е. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Булавовусі лускокрилі (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) / за заг. ред. проф. О. Є. Пахомова. Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. 304 с.
2. Гордій Н. М. Угрупування денних Лускокрилих (Lepidoptera, Rhopalocera) ксеротермних степових і деревно-чагарникових екосистем Кам'янецького Придністров'я (Хмельницька область) : дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.16. Львів, 2016. 316 с.
3. Дмитрів В. В., Голіней Г. М. Видове різноманіття ряду Лускокрилі, або Метелики – Lepidoptera у зоологічних фондах кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Матер. Всеукр. наук.-практ. конф., присв. 80-річчю від дня народж. д.б.н., проф. Явоненка О.Ф. та 75-річчю від дня народж. д.б.н., проф. Яковенка Б.В. (Тернопіль, 4–5 лист. 2019 р.). Тернопіль : Вектор, 2019. С. 109–112.

4. Зоологічні колекції та музеї: збірник наукових праць / за ред. І. Загороднюка. *Національний науково-природничий музей НАН України*. Київ, 2014. 156 с.
5. Канарський Ю. В. Визначник денних метеликів західних регіонів України. *Lepidoptera: Zygaenoidea, Hesperioidea, Papilionoidea*. Львів : Манускрипт, 2007. 112 с.
6. Капелюх Я. І. Денні лускокрилі природного заповідника «Медобори». *Наук. запис Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біол.* 2017. № 4 (71). С. 104–112.
7. Некрутенко Ю., Чиколовець В. Денні метелики України. Київ : Видавництво Раєвського, 2005. 232 с.
8. Плющ И. Г. Булавоусые чешуекрылые фауны Украины (индикационное значение, охрана, изменение фауны под влиянием хозяйственной деятельности) : автореф. дис. на соискание научн. ст. канд. биол. наук: 03.00.09. Ин-т зоологии НАН УРСР. К., 1988. 22 с.
9. Червона книга України. Тваринний світ [Текст] / під редакцією І. А. Акімова. К. : Глобалконсалтинг, 2009. С. 141–199.
10. Членистоногі природного заповідника «Розточчя» / Різун В. Б. та ін. Львів, 2010. 395 с.
11. Шидловський І. В. Історія музейної справи та зоологічних музеїв університетів України / за ред. Й. В. Царика. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2012. 112 с.
12. Economic Commission for Europe 1991. European red list of globally threatened animals and plants and recommendations on its application as adopted by the Economic Commission for Europe at its forty-sixth session (1991) by decision D (46). United Nations, New York, 154 pp. The European Commission: URL: https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/index_en.htm (дата звернення: 08.03.2021)
13. European Red List of Butterflies [Text] / C. Van Swaay, A. Cuttelod, S. Collins, D. Maes, M. López Manguira, M. Šašić, J. Settele, R. Verovnik, T. Verstrael, M. Warren, M. Wiemers, I. Wynhof. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2010. 47 p.

References

1. Holoborodko K. K., Pakhomov A. E. Biologichne riznomanittia Ukrainy. Dnipropetrovska oblast. Bulavovusi luskokryli (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea. / za zah. red. prof. O. Ie. Pakhomova. D. : Vyd-vo Dnipropetr. nats. un-tu, 2007. 304 s. [in Ukrainian]
2. Hordii N. M. Uhrupovannia dennnykh Luskokrylykh (Lepidoptera, Rhopalocera) kserotermnykh stepovykh i derevno-chaharnykovykh ekosystem Kamianetskoho Prydnistrovia (Khmelnyska oblast) : dys... kand. biol. nauk: 03.00.16. Lviv, 2016. 316 s. [in Ukrainian]
3. Dmytriv V. V., Holinei H. M. Vydove riznomanittia riadu Luskokryli, abo Metelyky – Lepidoptera u zoolohichnykh fondakh kafedry botaniky ta zoolohii Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka / Mater. Vseukr. nauk.-prakt. konf., prysv. 80-richchiu vid dnia narodzh. d.b.n., prof. Yavonenka O.F. ta 75-richchiu vid dnia narodzh. d.b.n., prof. Yakovenka B.V. (Ternopil, 4–5 lyst. 2019 r.). Ternopil : Vektor, 2019. S. 109–112. [in Ukrainian]
4. Zoolohichni koleksii ta muzei: zbirnyk naukovykh prats / za red. I. Zahorodniuka. Natsionalnyy naukovopryrodnychi muzei NAN Ukrainy. Kyiv, 2014. 156 s. [in Ukrainian]
5. Kanarskyi Yu. V. Vyznachnyk dennnykh metelykyv zakhidnykh rehioniv Ukrainy. *Lepidoptera: Zygaenoidea, Hesperioidea, Papilionoidea*. Lviv : Manuskrpt, 2007. 112 s. [in Ukrainian]
6. Kapeliukh Ya. I. Denni luskokryli pryrodnoho zapovidnyka «Medobory». *Nauk. Zapys. Ternop. nats. ped. un-tu im. Volodymyra Hnatiuka. Ser. Biol.* 2017. No 4 (71). S. 104–112. [in Ukrainian]
7. Nekrutenko Yu., Chykolovets V. Denni metelyky Ukrainy. Kyiv : Vydavnytstvo Raievskoho, 2005. 232 s. [in Ukrainian]
8. Pliushch I. G. Bulavousye cheshuekrylye fauny Ukrainy (indikatsionnoe znachenie, okhrana, izmenenie fauny pod vliianiem khoziaystvennoy deiatel'nosti) : avtoref. dis.... kand. biol. nauk: 03.00.09. In-t zoologii NAN URSR. K., 1988. 22 s. [in Russian]
9. Chervona knyha Ukrainy. Tvarynnyi svit [Tekst] / pid redaktsiieiu I. A. Akimova. K. : Hlobalkonsaltnyh, 2009. S. 141–199. [in Ukrainian]
10. Chlennystonohi pryrodnoho zapovidnyka «Roztochchia» / Rizun V. B. ta in. Lviv, 2010. 395 s. [in Ukrainian]
11. Shydlovskiy I. V. Istoriia muzeynoi spravy ta zoolohichnykh muzeiv universytetiv Ukrainy / Za red. Y. V. Tsaryka. Lviv : LNU im. Ivana Franka, 2012. 112 s. [in Ukrainian]
12. Economic Commission for Europe 1991. European red list of globally threatened animals and plants and recommendations on its application as adopted by the Economic Commission for Europe at its forty-sixth session (1991) by decision D (46). United Nations, New York, 154 pp. The European Commission: URL: https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/index_en.htm (дата звернення: 08.03.2021)
- 18 ISSN 2078-2357. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.*, 2021, Т. 81, № 1–2

13. European Red List of Butterflies [Text] / C. Van Swaay, A. Cuttelod, S. Collins, D. Maes, M. López Manguira, M. Šašić, J. Settele, R. Verovnik, T. Verstrael, M. Warren, M. Wiemers, I. Wynhof. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2010. 47 p.

H. M. Holinei, M. Z. Prokopiak, O. V. Roketska, L. O. Shevchyk, M. A. Kryzhanovska
Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

**SPECIES OF THE NIMPHALINAE SUBFAMILY IN ZOOLOGICAL COLLECTIONS OF
TERNOPIL VOLODYMYR HNATIUK NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

The species diversity of the insects of Nymphalinae subfamily (Lepidoptera order), which are stored in the entomological collection of The Botany and Zoology Department of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University were studied.

The insects were collected by the students during their teacher training and also by the amateur entomologists during 2000–2020. These insects are in the collections of The Botany and Zoology Department.

The species composition of the collected insects was analyzed. There are 202 individuals of Nymphalinae subfamily. Identified insects belong to five genus (*Vanessa*, *Inachis*, *Agalis*, *Polygonia*, *Nymphalis*). The largest number of individuals of this subfamily was calculated (*Inachis io* –75, *Vanessa atalanta* – 52, *Cynthia cardui* – 45). Also 13 individuals of *Agalis urticae* and 12 individuals of *Polygonia c-album* were found.

All species of Rhopalocera of European fauna are in The International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Threatened Species. Most of them are classified as Least Concern (LC).

Widespread, numerous and common species of the Nymphalinae subfamily were found in the funds of The Botany and Zoology Department. Identified species belong to the LC category of The IUCN Red List.

The Compton tortoiseshell (*Nymphalis vaualbum*) is included in The Red Data Book of Ukraine (2009). Its conservation status is invaluable. *Nymphalis vaualbum* was not found in the entomological collections of The Botany and Zoology Department of TNPU.

Keywords: collections of insects, diurnal butterflies, Nymphalinae, the species of The Red Data Book of Ukraine.

Надійшла 16.03.2021.

УДК 599.32:575.857-047.58](477-89Под)(23.071)

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.3

¹І. М. ГРОД, ²І. В. ЗАГОРОДНЮК, ¹Л. О. ШЕВЧИК, ³Н. Я. КРАВЕЦЬ

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: grazhdar@ukr.net

²Національний науково-природничий музей НАН України
вул. Богдана Хмельницького, 15, Київ, 01030

³Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
вул. Ю. Словацького, 2, Тернопіль, 46001

**МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ГРИЗУНІВ У ЛІСОВИХ
БІОТОПАХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ (НА ПРИКЛАДІ
MYODES GLAREOLUS)**

У роботі проаналізовано динаміку популяції нориці рудої у природних біотопах Західного Поділля. Об'єктом дослідження слугували матеріали, зібрані авторами протягом 2017 – 2019 рр. Період охопив одну фазу багаторічної динаміки чисельності населення популяцій, а саме збільшення чисельності. Виявлена річна та сезонна динаміка структурованості популяцій

13. European Red List of Butterflies [Text] / C. Van Swaay, A. Cuttelod, S. Collins, D. Maes, M. López Manguira, M. Šašić, J. Settele, R. Verovnik, T. Verstrael, M. Warren, M. Wiemers, I. Wynhof. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2010. 47 p.

H. M. Holinei, M. Z. Prokopiak, O. V. Roketska, L. O. Shevchyk, M. A. Kryzhanovska
Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

**SPECIES OF THE NIMPHALINAE SUBFAMILY IN ZOOLOGICAL COLLECTIONS OF
TERNOPIL VOLODYMYR HNATIUK NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

The species diversity of the insects of Nymphalinae subfamily (Lepidoptera order), which are stored in the entomological collection of The Botany and Zoology Department of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University were studied.

The insects were collected by the students during their teacher training and also by the amateur entomologists during 2000–2020. These insects are in the collections of The Botany and Zoology Department.

The species composition of the collected insects was analyzed. There are 202 individuals of Nymphalinae subfamily. Identified insects belong to five genus (*Vanessa*, *Inachis*, *Agalis*, *Polygonia*, *Nymphalis*). The largest number of individuals of this subfamily was calculated (*Inachis io* – 75, *Vanessa atalanta* – 52, *Cynthia cardui* – 45). Also 13 individuals of *Agalis urticae* and 12 individuals of *Polygonia c-album* were found.

All species of Rhopalocera of European fauna are in The International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Threatened Species. Most of them are classified as Least Concern (LC).

Widespread, numerous and common species of the Nymphalinae subfamily were found in the funds of The Botany and Zoology Department. Identified species belong to the LC category of The IUCN Red List.

The Compton tortoiseshell (*Nymphalis vaualbum*) is included in The Red Data Book of Ukraine (2009). Its conservation status is invaluable. *Nymphalis vaualbum* was not found in the entomological collections of The Botany and Zoology Department of TNPU.

Keywords: collections of insects, diurnal butterflies, Nymphalinae, the species of The Red Data Book of Ukraine.

Надійшла 16.03.2021.

УДК 599.32:575.857-047.58](477-89Под)(23.071)

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.3

¹І. М. ГРОД, ²І. В. ЗАГОРОДНЮК, ¹Л. О. ШЕВЧИК, ³Н. Я. КРАВЕЦЬ

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: grazhdar@ukr.net

²Національний науково-природничий музей НАН України
вул. Богдана Хмельницького, 15, Київ, 01030

³Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
вул. Ю. Словацького, 2, Тернопіль, 46001

**МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ГРИЗУНІВ У ЛІСОВИХ
БІОТОПАХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ (НА ПРИКЛАДІ
MYODES GLAREOLUS)**

У роботі проаналізовано динаміку популяції нориці рудої у природних біотопах Західного Поділля. Об'єктом дослідження слугували матеріали, зібрані авторами протягом 2017 – 2019 рр. Період охопив одну фазу багаторічної динаміки чисельності населення популяцій, а саме збільшення чисельності. Виявлена річна та сезонна динаміка структурованості популяцій

як за статевим, так і за віковим складом, без сумніву, забезпечує механізм регулювання чисельності та може стати підґрунтям для подальшого прогнозування кількості гризунів у природних біотопах. Це і обумовило вибір моделі, яку широко застосовують при аналізі динаміки чисельності популяцій як рослин, так і тварин – матричної моделі Леслі (Leslie). Алгоритм побудови матричної моделі, детально викладений у статті, налічує п'ять послідовних кроків. Виявлений у процесі аналізу експоненціальний характер фактичного і прогнозованого збільшення чисельності популяції нориці рудої протягом п'ятирічного циклу (2017 – 2019 рр. з прогнозом до 2023 р.), можна пояснити не стільки потужністю репродуктивного потенціалу виду, скільки відсутністю значних змін у середовищі існування, викликаних сталістю погодних умов, низькою індивідуальною смертністю від хижаків та незаразних захворювань чи інших випадкових чинників. Застосування матричної моделі прогнозу Леслі дозволило підтвердити ключову роль основних компенсаторних механізмів динаміки населення популяції, оскільки вони сприяють стабілізації чисельності і, як наслідок, служать важливою умовою існування виду.

Ключові слова: нориця руда, чисельність популяції, демографічна структура, матрична модель Леслі, коефіцієнт виживання, коефіцієнт плодючості, експоненціальна крива чисельності.

Не викликає сумніву той факт, що життєдіяльність мишоподібних гризунів не співпадає з інтересами людини, а, отже, обумовлює сприйняття їх як шкідників господарської діяльності людини [14, 16]. Проте і поза прямим господарським інтересом моніторинг та прогнозування динаміки чисельності популяцій видів, що мешкають у природних екосистемах, є важливим компонентом аналізу стійкості екосистем, а також динаміки і напрямків зміни біотичних угруповань в умовах глобальних кліматичних змін і тиску чужорідних видів.

Розглядаючи проблему з позицій біоцентризму, корифеї української теріології відзначали позитивну роль звірів за історичний період, що зводилася до ґрунтовірної діяльності, проявлялася у сприянні змішуванню різних типів лісу та забезпеченню розростання їх на великих площах [2, 14]. Неоціненною є й роль лісових видів гризунів у процесі аерації ґрунту [3]. Крім того, у біоценозах гризуни є незамінною ланкою ланцюгів живлення багатьох хижих хребетних. Визначною є й їхня роль у функціонуванні низки зоонозів – туляремії, лептоспірозу, гемологічної пропасниці, нефрозо-нефриту, кліщового енцефаліту, бруцельозу [4, 13]. Ці особливо небезпечні для людей і свійських тварин захворювання, маючи природні джерела у біоценозах, характеризуються опосередкованим типом існування, що пов'язано з наявністю локальних високочисельних і одночасно стабільних популяцій. Проте у разі значного популяційного росту мишовидих, зокрема сірих полівок та лісових нориць, формуються так звані розлиті природні вогнища, що дозволяє вважати останніх резервуаром інфекції [5, 6].

Фази збільшення і зменшення чисельності нориці лісової в Україні вивчали К. Татаринів (1973), М. Рудишин, та Б. Пилявський (1988), а також в умовах Карпат і в цілому західного регіону України – В. Межжерін та В. Наглов. Вивчення цього процесу в лісостепових ділянках Поділля, попри своє центральне положення у системі біогеографічних виділів на території України, дотепер залишалось поза увагою. Окрім того, не проводили і моделювання, хоча були цікаві дослідження з описом феноменології популяційної динаміки в багаторічних рядах даних [8]. Власне це і стало мотивами дослідження.

Метою роботи є побудова матричної моделі та вивчення стану стабілізації динаміки популяції нориці лісової у рамках моделі Леслі.

Матеріал і методи досліджень

Об'єктом дослідження стала динаміка чисельності популяції нориці рудої (*Myodes glareolus* Schreber, 1780; = *Clethrionomys glareolus* auct.) [7].

В основу дослідження покладені матеріали, отримані упродовж 2017–2019 рр. Цей період охопив одну фазу багаторічної динаміки чисельності населення нориці рудої, а саме ріст чисельності популяції.

Відловлювання і опрацювання мишоподібних гризунів відбувалось за загальноприйнятими методиками. Відлови проводили шляхом виставлення мишоловок у лінії по 10 – 10 пасток у кожній, розміщених на віддалі 5 м одна від одної [11].

Обліки чисельності гризунів проводили протягом цілого року в листяних та мішаних лісах, в агроценозах та на присадибних ділянках. Перевірку робили щоранку, один раз на добу. Експонування однієї лінії пасток тривало 5 діб.

Всього відпрацьовано 6400 пастко-діб. Матеріал дослідження складає 358 норичь лісових. З метою оцінки чисельності населення популяцій проводили перерахунок кількості виловлених особин на 100 пастко-діб. Визначення віку норичь проводили за екстер'єрними ознаками з використанням методу, запропонованого Н. В. Тупіковою та ін. (1970) і успішно застосованого при дослідженнях в Україні [10].

Комп'ютерне моделювання екологічного процесу здійснювали в системі програмування С++. Алгоритм моделювання, який є основним змістом цієї роботи, викладено в основній частині статті.

Результати досліджень та їх обговорення

Інтенсивність шкодочинної діяльності гризунів обумовлюється мінливістю чисельності популяції. Популяційні механізми регулювання чисельності є строго видоспецифічними [15], у тому числі й для близьких видів, як-от дрібних представників родини шурових (Arvicolidae), відомих під загальною назвою «полівки», або «нориці», до яких відноситься і наш об'єкт дослідження.

Не викликає сумніву той факт, що кількісні популяційні зміни є результатом дії трьох факторів: народжуваності, смертності та міграції (або еміграції) [9].

Головною ж умовою існування виду є певна стабілізація чисельності популяції, що визначається дією певних компенсаторних механізмів. Найбільш важливими серед яких є швидкість росту та дозрівання, біотичний потенціал виду, статевий та віковий склад популяції [12]. Ще В. Риккер (1954), аналізуючи динаміку чисельності певних видів тварин, сформував важливе поняття «запасу» або статевозрілої частини популяції, що приймає участь у процесі розмноження та «поповнення» – тої частини молодих особин, котра дозріває у поточному році і поповнює «запас» популяції.

Фаза росту чисельності норичі рудої тривала всі три роки спостережень, а чисельні показники її склали: 2017 рік – (1,8 екз на 100 пастко-діб), 2018 – (2,0 екз. / 100 п.д.), 2019 – (2,7 екз. / 100 п.д.) (рис. 1, а).

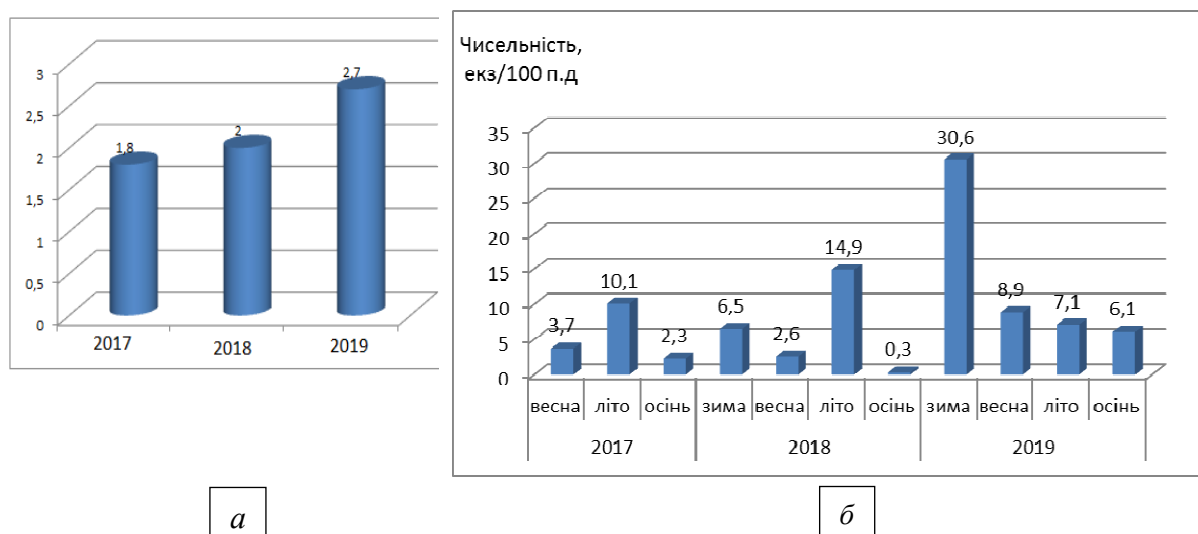


Рис. 1. Демографічні показники норичі рудої Західного Поділля: а – динаміка чисельності; б – сезонна динаміка чисельності.

Цей процес можна пояснити накладанням впливу сприятливих екзогенних факторів на загальний стан популяції нориці.

Невисока чисельність у весняний період кожного року дослідження, а саме на початку сезону розмноження (3,7 – 2,6 – 8,9 екз. / 100 п./д.), без сумніву, позитивно вплинула на репродуктивну активність звірят (рис.1, б). Сприятливим для росту чисельності був і статевий склад популяції (приблизно 1 : 1), із деяким зростанням частки самок, що припадає на період весни 2018 – осені 2019 рр. (табл. 1). Деяке зниження частки нестатевозрілих особин (4,5 – 3,9 – 3,1 %) є непрямым підтвердженням стабільності статевого дозрівання звірят із подальшим поповненням «запасу», що спричинило пришвидшення процесів розмноження і, як наслідок, забезпечило передумови для подальшого зростання чисельності популяції.

Таблиця 1

Сезонна зміна статевої структури популяції нориці рудої у природних біотопах
Західного Поділля

Сезон	Самці		Самки		Нестатевозрілі		Загалом	
	К-сть (екз.)	Частка (%%)	К-сть (екз.)	Частка (%%)	К-сть (екз.)	Частка (%%)	К-сть (екз.)	Частка (%%)
2017 рік								
Весна	8	2,2	10	2,8	5	1,4	23	6,4
Літо	15	4,2	7	2,0	7	2,0	29	8,1
Осінь	5	1,4	5	1,4	4	1,1	14	3,9
ВСЬОГО	28	7,8	22	6,1	16	4,5	66	18,4
2018 рік								
Зима	21	5,9	19	5,3	-	-	40	11,2
Весна	3	0,8	4	1,1	1	0,3	8	2,2
Літо	18	5,0	19	5,3	9	2,5	46	12,8
Осінь	13	3,6	15	4,2	4	1,1	32	8,9
ВСЬОГО	55	15,4	57	15,9	14	3,9	126	35,2
2019 рік								
Зима	30	8,4	34	9,5	-	-	64	17,9
Весна	23	6,4	24	6,7	6	1,7	53	14,8
Літо	10	2,8	10	2,8	4	1,1	24	6,7
Осінь	11	3,1	13	3,6	1	0,3	25	7,0
ВСЬОГО	74	20,7	81	22,6	11	3,1	166	46,4
ВСЬОГО	157	43,9	160	44,7	41	11,5	358	100

Встановлені нами причино-наслідкові механізми регулювання чисельності, без сумніву, можуть служити підґрунтям для подальшого прогнозування кількості шкідника у природних біотопах. При цьому виходимо з переконання у стратифікованості популяцій виду за статевим складом та віковими групами [11]. Це і обумовило вибір, широко застосовуваної у математичних аналізах динаміки чисельності як рослинних, так і тваринних угруповань – матричної моделі Леслі (Leslie) [1].

Суть моделі. В кожний фіксований момент часу (наприклад, t_0) популяцію можна описати вектор-стовпцем (1),

$$X(t_0) = \begin{pmatrix} x_1(t_0) \\ x_2(t_0) \\ \dots \\ x_n(t_0) \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $x_i(t_0)$ – чисельність (t_0) i -ї вікової групи ($1 \leq i \leq n$). Вектор-стовпець $X(t')$, який характеризує популяцію у наступний момент часу t' , пов'язаний з вектором $X(t_0)$ через матрицю переходу L : $X(t') = L X(t_0)$ наступного вигляду (2).

$$L = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_2 & \alpha_{2-n} & 0 & 0 \\ \beta_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \beta_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & & & & \\ & & & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \beta_{n-1} & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

У першій стрічці цієї матриці стоять коефіцієнти народжуваності для i -го віку ($k \leq i \leq k+p$), під діагоналлю – коефіцієнти виживання для j -го віку ($1 \leq j \leq n-1$), а інші елементи рівні нулю.

Такий вигляд матриці базується на припущенні, що за одиничний проміжок часу особини j -ї вікової групи переходять в $j+1$ -у, при цьому частина із них гине, а у особин i -ї групи за цей час народжується потомство. Тоді першу компоненту вектора $X(t')$ можна обчислити за формулою (1):

$$x_1(t_1) = \sum_{i=k}^{k+p} \alpha_i x_i(t_0) = \alpha_2 x_2(t_0) + \alpha_{2-1} x_{2-1}(t_0) + \dots + \alpha_{2-p} x_{2-p}(t_0) \quad (3)$$

де $\alpha_i x_i(t_0)$ ($k \leq i \leq k+p$) – число особин, які народилися від i -ї вікової групи, а друга і наступні – $x_i(t_1) = \beta_{i-1} x_{i-1}(t_0)$ ($2 \leq i \leq n$, $0 \leq \beta_{i-1} \leq 1$), де β_{i-1} – коефіцієнт виживання при переході від $i-1$ -го віку до i -го.

Таким чином, знаючи структуру матриці L і початковий стан популяції – вектор-стовпець $X(t^0)$, – можна прогнозувати стан популяції в будь-який наперед заданий момент часу t_i :

$$X(t_1) = L X(t_0); X(t_2) = L X(t_1) = L^2 X(t_0); X(t_i) = L X(t_{i-1}) = L^i X(t_0) \quad (4)$$

При вивченні демографічної структури популяцій нориці рудої (табл.2), нестатевозрілих самок розглядали як «поповнення», що у наступному сезоні переходить у ранг «запасу».

Таблиця 2

Демографічна структура популяції (на прикладі нориці рудої у природних біотопах Західного Поділля)

Віковий клас	2017 р.	2018 р.	2019 р.
1	1	19	34
2	10	4	24
3	12	5	27
4	7	19	10
5	11	24	12
6	5	15	13
7	7	17	14
Всього	53	103	134

Алгоритм побудови матричної моделі Леслі (Leslie) математичного аналізу та прогнозування динаміки чисельності нориці рудої у природних біотопах Західного Поділля передбачає:

1) Обчислення коефіцієнта виживання та аналіз його динаміки. Як зазначено, одним із трьох найбільш важливих факторів регулювання динаміки чисельності є смертність. У нашому ж прогнозі значно більший інтерес викликає виживання, а саме частка особин, що вижили у популяції за період дослідження [9].

Використовуючи дані таблиці 2, обчислюємо коефіцієнт виживання за формулою (5):

$$x_{i+1}(t+1) = S_i x_i(t); S_i = x_{i+1}(t+1)/x_i(t) \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Отже: } S_1(2017-2018) &= 4/1=4 & S_2(2017-2018) &= 5/10=0,5 \\
 S_3(2017-2018) &= 19/12=1,58 & S_4(2017-2018) &= 24/7=3,43 \\
 S_5(2017-2018) &= 15/11=1,36 & S_5(2017-2018) &= 17/5=3,4 \\
 \\
 S_1(2018-2019) &= 24/19=1,26 & S_2(2018-2019) &= 27/4=6,75 \\
 S_3(2018-2019) &= 10/5=2 & S_4(2018-2019) &= 12/19=0,63 \\
 S_5(2018-2019) &= 13/24=0,54 & S_6(2018-2019) &= 14/15=0,93
 \end{aligned}$$

Для отримання результатів моделювання було використано систему програмування C++. Завдяки чому було отримано перелік значень коефіцієнта виживання (табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка коефіцієнта виживання нориці рудої за роками дослідження

Коефіцієнти виживання	2017–2018 рр.	2018–2019 рр.	Середнє
S ₁	4	1,26	2,63
S ₂	0,5	6,75	3,63
S ₃	1,58	2	1,79
S ₄	3,43	0,63	2,03
S ₅	1,36	0,54	0,95
S ₆	3,4	0,93	2,2

У вікні результатів коефіцієнти виживання виглядають наступним чином (рис.1).

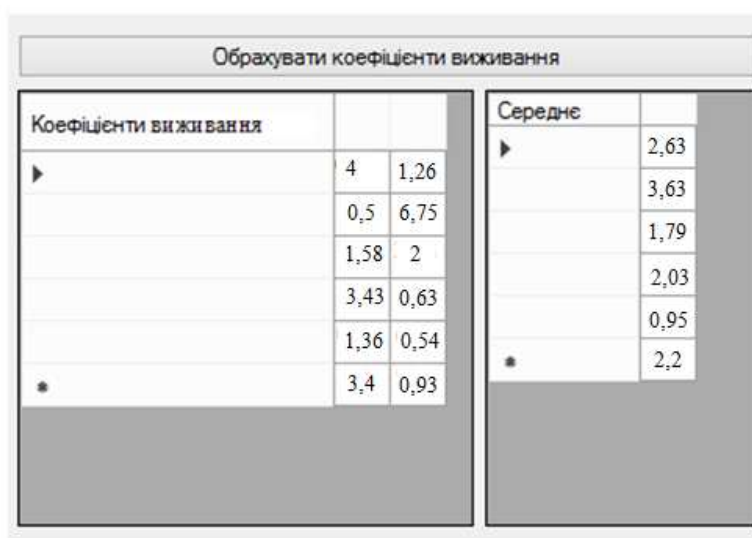


Рис. 1. Результат обчислення коефіцієнтів виживання.

2) Обчислення коефіцієнту плодючості. Коефіцієнт плодючості напряму залежить від кількості статевозрілих самок у кожному, конкретному періоді життєдіяльності популяції. Так, для першого вікового класу коефіцієнт плодючості $b_1=0$. Для всіх подальших класів – ці коефіцієнти рівні і обчислюються за формулою (6).

$$x_1(t+1) = \sum_{i=1}^n b_i x_i(t); \quad b_i = x_1(t+1) / (\sum_{i=1}^n x_i(t) - x_1(t)); \quad (6)$$

Тому отримуємо :

$$\begin{aligned}
 b(2018) &= 19/(53-1)=0,37 \\
 b(2019) &= 34/(103-19)=0,4
 \end{aligned}$$

Знаходимо середнє значення $(0,37+0,4)/2=0,39$

3) **Побудова матриці Леслі.** Матриця Леслі для однорідної моделі має вигляд (7):

$$L = \begin{pmatrix} 0,0 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 \\ 2,6 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 3,6 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 1,8 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 0,0 & 2,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 1,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 2,2 & 0,0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Код формування однорідної матриці в системі С++ виглядає наступним чином (рис. 2).

```

1 private: void from(int size, double **mass)
2 {
3     for (int i = 0; i < size; i++)
4     {
5         for (int j = 0; j < size; j++)
6         {
7             mass[i][j] = 0;
8         }
9     }
10 }
11 private: void show(int size, double **mass)
12 {
13     for (int i = 0; i < size; i++)
14     {
15         for (int j = 0; j < size; j++)
16         {
17             dataGridView1->TopLeftHeaderCell->Value = "Однорідна матриця Леслі";
18             dataGridView1->Rows[i]->Cells[j]->Value = mass[i][j];
19         }
20     }
21 }
22 }
23

```

```

1 private: System::Void button1_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e)
2 {
3     double **mass = new double *[new_size];
4     for (int i = 0; i < new_size; i++)
5     {
6         mass[i] = new double[new_size];
7     }
8     dataGridView1->ColumnCount = new_size;
9     dataGridView1->RowCount = new_size;
10
11     from(new_size, mass);
12
13     for (int i = 1; i < new_size; i++)
14     {
15         for (int j = 0; j < new_size - 1; j++)
16         {
17             if (j + 1 == i)
18             {
19                 mass[i][j] = mass[i][j] = Math::Round(new_ser_znach[i - 1][0], 2, MidpointRounding::AwayFromZero);
20             }
21         }
22     }
23     for (int i = 0; i < 1; i++)
24     {
25

```

Рис. 2. Код формування однорідної матриці в системі С++.

4) **Здійснення прогнозу вікової структури популяції.** Найбільш яскраво загальний характер динаміки чисельності популяції ілюструє її вікова структура, що визначається співвідношенням вікових груп. Прогноз вікової структури популяції для однорідної моделі Леслі робимо за формулою (8) :

$$\begin{aligned} X(t_1) &= L X(t_0); \\ X(t_2) &= L X(t_1) = L^2 X(t_0); \dots \\ X(t_i) &= L X(t_{i-1}) = L^i X(t_0). \end{aligned} \quad (8)$$

За початковий розподіл беремо $X=(1, 10, 12, 7, 11, 5, 7)^T$.

$$X(t_1)=L X(t_0)= \begin{pmatrix} 0,0 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 \\ 2,6 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 3,6 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 1,8 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 0,0 & 2,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 1,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 2,2 & 0,0 \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 & 20,28 \\ 10 & 2,63 \\ 12 & 36,3 \\ * & 7 = 21,4 \\ 11 & 14,2 \\ 5 & 10,4 \\ 7 & 11 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 37,9 & 119,7 \\ 52 & 142,1 \\ 9,5 & 187,2 \end{matrix}$$

$$X(t_2)=L X(t_1)=L^2 X(t_0)= \begin{matrix} 65 & 17 \\ 43,2 & 132 \\ 13,3 & 40,8 \\ 23,1 & 29,4 \end{matrix}; \quad X(t_3)=L X(t_2)=L^3 X(t_0)= \begin{matrix} 339,1 & 958,6 \\ 447,8 & 928,3 \\ 519,7 & 1624,8 \end{matrix}$$

$$X(t_4)=L X(t_3)=L^4 X(t_0)= \begin{matrix} 332,8 & 930 \\ 34,5 & 676 \\ 125 & 32,8 \\ 90 & 275 \end{matrix}; \quad X(t_5)=L X(t_4)=L^5 X(t_0)= \dots ; \text{ і т.д.}$$

5) Прогнозування динаміки чисельності. На 13 кроці відбудеться стабілізація для однорідної моделі, після цього для прогнозування ми можемо використовувати формулу $X(t)=\lambda^t X(0)$, де λ – власне значення матриці.

Пишемо характеристичне рівняння, знаходимо власне значення.

$$\begin{vmatrix} 0-\lambda & \frac{8}{20} & \frac{8}{20} & \frac{8}{20} & \frac{8}{20} & \frac{8}{20} & \frac{8}{20} \\ \frac{26}{10} & 0-\lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{36}{10} & 0-\lambda & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 18/10 & 0-\lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0-\lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0-\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{22}{10} & 0-\lambda \end{vmatrix} =$$

$$\equiv -\lambda^7 + \frac{63}{200} \times \lambda^5 + \frac{2457}{2000} \times \lambda^4 + \frac{2457}{1000} \times \lambda^3 + \frac{2457}{1000} \times \lambda^2 + \frac{144963}{100000} \times \lambda + \frac{3044223}{1000000} =$$

$$\frac{-1}{1000000} \times \left(1000000 \times \lambda^7 - 315000 \times \lambda^5 - 1228500 \times \lambda^4 - 2457000 \times \lambda^3 - 2457000 \times \lambda^2 - 1449630 \times \lambda - 3044223 \right)$$

1. $\lambda_1 \approx 1,683$

Згідно з теоремою Перрона – Фробениуса [1], матриця Леслі має єдине додатне власне значення λ таке, що для будь-якого іншого власного значення r цієї ж матриці виконується умова $|r| \leq \lambda$. Це власне значення називається домінуючим, старшим або головним і характеризує швидкість розмноження популяції.

Якщо всі елементи матриці є константами, то, залежно від значення λ , можливий один із трьох сценаріїв розвитку популяції.

Якщо $\lambda < 1$, то чисельність популяції спадає. Якщо $\lambda = 1$, то чисельність популяції, починаючи з деякого моменту часу, стає постійною. Якщо $\lambda > 1$, то чисельність буде зростати. У нас $\lambda = 1,683$, тобто чисельність популяції зростає.

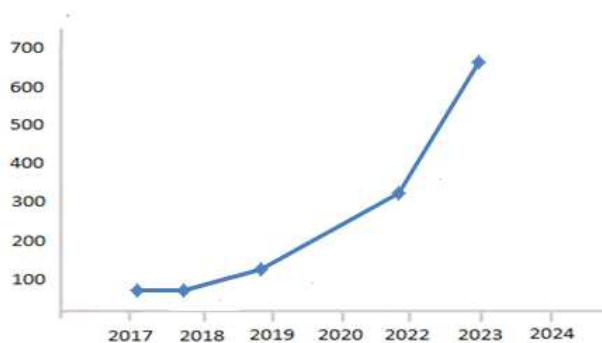


Рис. 3. Фактична та прогнозована динаміка чисельності нориці рудої Західного Поділля.

Виявлений нами експоненціальний характер фактичного і прогнозованого росту чисельності популяції протягом п'ятирічного циклу (2017 – 2023 рр, рис. 3), скоріше за все, пояснюється не стільки високим біотичним потенціалом виду, скільки послабленим впливом основних лімітуючих факторів чисельності (неврожай, посух, паводків, сильних морозів з частими відлигами та ін.), що могли б викликати загальне, значне і невибіркове вимирання тварин.

Розуміння цього і визначає перспективність подальшого прогнозування динаміки чисельності нориці рудої з урахуванням динаміки коливання погодних умов та впливу різних факторів навколишнього середовища.

Висновки

Аналізом встановлено, що інтенсивність шкодочинної діяльності гризунів обумовлюється мінливістю чисельності популяції, а механізми регулювання її строго видоспецифічні. Найбільш важливими серед них є швидкість росту та дозрівання, біотичний потенціал виду, статевий та віковий склад популяції.

У результаті п'ятирічних досліджень встановлено, що фактична і прогнозована чисельність популяції нориці лісової перебуває у фазі росту, що можна пояснити збігом впливу сприятливих екзогенних факторів та стабільності стану популяції нориці.

Власне експоненціальний характер цього явища пояснюється не стільки потужністю біотичного потенціалу виду, скільки відсутністю значних змін у середовищі існування, викликаних погодними умовами чи іншими факторами середовища.

Застосування матричної моделі прогнозу Леслі дозволило встановити, що основні компенсаторні механізми мають велике значення у динаміці популяції, оскільки сприяють стабілізації чисельності і, як наслідок, служать важливою умовою існування виду.

1. Балакирева А. Г., Мелашенко О. П. О широком применении модели Лесли к изучению динамических систем. *Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки*. 2013. № 1. С. 4–9.
2. Делеган І. В., Делеган І. І., Делеган І. І. Біологія лісових птахів і звірів / за ред. І. В. Делегана. Львів : Поллі, 2005. 600 с.
3. Вплив мишоподібних гризунів на інтенсивність розкладання підстилки в основних лісових біогеоценозах Присамар'я / Пахомов О. Є., Дубина А. О., Рева О. А., Шульман М. В. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2017. Т. 46. С. 102–105.
4. Геморагічна гарячка з нирковим синдромом в Україні / Небогаткін І. В., Новохатній Ю. О., Демчишина І. В. та ін. *Актуальна інфектологія*. 2020. Том 8, № 3–4. С. 7–12.
5. Евстафьев И. Методология системного анализа : теория и практика эколого-эпизоотологического прогноза. Мониторинг териофауны / за ред. І. Загороднюка. *Серія: Праці Теріологічної Школи*. Луганськ, 2010. Вип. 10. С. 84–87.
6. Євстаф'єв І. Л. Теріологічні дослідження: епізоотологічні аспекти (вступ до епізоотології). *Novitates Theriologicae*. 2017. Вип. 10. С. 18–32.
7. Загороднюк І. В., Ємельянов І. Г. Таксономія і номенклатура ссавців України. *Вісник Національного науково-природничого музею*. 2012. Вип. 10. С. 5–30.
8. Загороднюк І. В. Норичі (Rodentia: Arvicolidae) в басейні Сіверського Дінця: біотопний розподіл, зміни ареалів, видова ідентифікація. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія : Біологія*. 2008. № 814. Вип. 7. С. 74–93.
9. Кучерявий В. П. Загальна екологія : підруч. для студ. вищих навч. закл. Львів : Світ, 2010. 520 с.
10. Межжерин В. А., Семенюк С. К. Роль пространственной структуры популяции рыжей полевки *Clethionomys glareolus* (Rodentia, Arvecolidae) в процессах саморегуляции. *Вестник зоологи*. Киев, 2001. № 35 (4). С. 93–96.
11. Станкевич С. В., Забродіна І. В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: навч. посібник. Х. : ФОП Бровін О. В., 2016. 216 с.
12. Наглов В., Загороднюк І. Статистический анализ приуроченности видов и структуры сообществ. Териофауна сходу України. Пам'яті Олександра Кондратенка / під ред. І. Загороднюка. *Праці Теріологічної Школи*. 2006. Вип. 7. С. 291–300.
13. Наглов В. Значение видов мелких млекопитающих в эпизоотиях туляремии на территории Харьковской области. *Праці Теріологічної Школи*. 2014. Т. 12. С. 47–55.
14. Рудишин М. П. Мишовидні гризуни-шкідники та заходи боротьби з ними. *Бюлетень сільськогосподарської інформації*. 1957. С. 51–53.
15. Стецула Н. Динамічна компонента у складі териофауни Сколівських Бескид (Українські Карпати). *Theriology Ukrainica*. Київ, 2019. Т. 17. С. 43–54.
16. Хребетні тварини західних областей України : навч. посіб / за ред. Царик Й. В. та ін. Львів : Видавн. центр ЛНУ, 2003. 52 с.

References

1. Balakireva A. G., Melashchenko O. P. O shirokom primenenii modeli Lesli k izucheniiu dinamicheskikh sistem. *Visnyk Zaporiz'koho natsional'noho universytetu. Fyzyko-matematychni nauky*. 2013. 1. S. 4–9. [in Russian]
2. Delehan I. V., Delehan I. I., Delehan I. I. Biolohiia lisovykh ptakhiv i zviriv / za red. I. V. Delehana. Lviv : Polli, 2005. 600 s. [in Ukrainian]
3. Vplyv myshopodibnykh hryzuniv na intensyvniost rozkladannia pidstylky v osnovnykh lisovykh bioheotsenozakh Prysamaria / Pakhomov O. Ye., Dubyna A. O., Reva O. A., Shulman M. V. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekul'tyvatsii zemel'*. 2017. 46. S. 102–105. [in Ukrainian]
4. Hemorahichna hariachka z nyrkovym syndromom v Ukraini / Nebohatkin I. V., Novokhatniy Yu. O., Demchyshyna I. V. ta in. *Aktualna infektolohiia*. 2020. 8 (3). S. 7–12. [in Ukrainian]
5. Evstaf'ev I. Metodologiiia sistemnogo analiza: teoriia i praktika ekologo-epizootologicheskogo prognoza. *Monitorynh teriofauny / za red. I. Zahorodniuka. Serii: Pratsi Teriologichnoi Shkoly*. Lugans'k, 2010. 10. S. 6–12. [in Russian]
6. Yevstaf'iev I. L. Teriolohichni doslidzhennia: epizootolohichni aspekty (vstup do epizootolohii) *Novitates Theriologicae*. 2017. 10. 18–32. [in Ukrainian]
7. Zahorodniuk I. V., Yemelianov I. H. Taksonomiia i nomenklatura ssavtsiv Ukrainy. *Visnyk Natsionalnoho nauково-pryrodnychoho muzeiu*. 2012, 10. S. 5–30. [in Ukrainian]

8. Zahorodniuk I. V. Norytsi (Rodentia: Arvicolidae) v baseyni Siverskoho Dintsia: biotopnyy rozpodil, zminy arealiv, vydova identyfikatsiia. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya : Biologiya*. 2008. 814. (7). S. 74–93. [in Ukrainian]
9. Kucheriavyi V. P. Zahalna ekolohiia : pidruch. dlia stud. vyshchych navch. zakl. Lviv : Svit, 2016. 216 s. [in Ukrainian]
10. Mezhhzherin V. A., Semeniuk S. K. Rol' prostranstvennoy struktury populatsii ryzhey polevki *Clethrionomys glareolus* (Rodentia, Arvicolidae) v protsesakh samoregulatsii. *Vesnik zoologii*. Kiev, 2001. 35 (4): 93–96. [in Russian]
11. Stankevych S. V., Zabrodina I. V. Monitorynh shkidnykiv silskohospodarskykh kultur: navch. posibnyk. Kh.: FOP Brovin O. V., 2016. 216 s. [in Ukrainian]
12. Naglov V., Zagorodniuk I. Statisticheskii analiz priurochennosti vidov i struktury soobshchestv. Teriofauna skhodu Ukrainy. Pam'iaty Oleksandra Kondratenka / pid red. I. Zahorodniuka. *Pratsi Teriologichnoi Shkoly*. 2006.7. S. 291–300. [in Russian]
13. Naglov V. Znachenie vidov melkikh mlekopitaiushchikh v epizootiiakh tuliaremii na territorii Khar'kovskoy oblasti. *Pratsi Teriologichnoi Shkoly*. 2014. 12. S.47–55 [in Russian]
14. Rudyshyn M. P. Myshovydni hryzyny-shkidnyky ta zakhody borotby z nymy. *Biuleten silskohospodarskoi informatsii*. 1957. S. 51–53. [in Ukrainian]
15. Stetsula N. Dynamichna komponenta u skladi teriofauny Skolivskykh Beskyd (Ukrainski Karpaty). *Theriologia Ukrainica*. Kyiv. 2019. 17. 43–54. doi.org/10.15407/pts2019.17.043. [in Ukrainian]
16. Khrebetni tvaryny zakhidnykh oblastey Ukrainy : navch. posib / za red. Tsaryk Y. V. ta in. Lviv : Vydavn. tsentr LNU, 2003. 52 s. [in Ukrainian]

¹I. M. Grod, ²I. V. Zagorodniuk, ¹L. O. Shevchyk, ³N. Ya. Kravets

¹Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University, Ukraine

²National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine

³I. Horbachevsky Ternopil State Medical University, Ukraine

MODELING OF THE RODENTS ABUNDANCE IN FOREST HABITATS OF THE WESTERN PODILLIA (*MYODES GLAREOLUS*)

Monitoring and predicting the dynamics of abundance of species living in natural habitats is an important component stability analysis of ecosystem as well as dynamics and direction of change of biotic communities under global climate change and pressure of the alien species. The aim of the work was to build a matrix model and study the state of stabilisation of the dynamics of the bank vole population within the Leslie model. The object of the study was the population dynamics of *Myodes glareolus* Schreber, 1780 = *Clethrionomys glareolus* auct. The study is based on materials obtained during 2017–2019. This period covered one phase of the long-term population dynamics of the bank vole, named “population growth”. The research was carried out according to generally accepted methods. A total of 6400 trap-days were processed, and 358 forest fistulas were collected and studied. The intensity of harmful activity of rodents is due to the variability of the number of animals in the population. The quantitative population changes are the result of three factors: births, deaths, and migrations. The main condition for the existence of the species is the stability of the population, which is determined by the action of the compensatory mechanisms. The growth phase of the bank vole lasted all three years of the research, the quantitative indicators were respectively: 2017 – 1.8 individuals per 100 trap-days; 2018 – 2.0 individuals per 100 trap-days; 2019 – 2.7 individuals per 100 trap-days. Low levels of the abundance in the spring of each year of the study, namely at the beginning of the breeding season (3.7 – 2.6 – 8.9 individuals per 100 trap-days). Favourable for the abundance growth was the sex ratio of the population (approximately 1:1), with some rise in the share of females, which decreases on the period of spring 2018 to autumn 2019). Some decrease in the share of immature individuals (4.5 – 3.9 – 3.1 %) is an indirect confirmation of the stability of puberty of animals with subsequent replenishment of the “stock”, which led to accelerated reproduction and, consequently, provided prerequisites for further population growth. The causal mechanisms of population control established by us, without a doubt, can serve as a basis for further prognosis, of the number of pests in natural habitats. To predict population changes, the Leslie model, which is widely used in mathematical analyses of the abundance of both plant and animal groups, was chosen. The algorithm for building a matrix model, detailed in the article, has five following steps. The

exponential nature of the actual and projected growth of the bank vole population during the five-year cycle (2017–2019 with a prognosis until 2023) revealed in the analysis can be explained not so much by the power of the species' reproductive potential as by the lack of the significant changes in habitat, caused by constant weather conditions, low individual mortality from predators and non-communicable diseases or other accidents. The application of the matrix model allowed to confirm the key role of the main compensatory mechanisms of population dynamics, as they contribute to the stabilisation of the population and, as a consequence, are an important condition for the existence of the species.

Key words: Myodes glareolus, population quantity, demographic structure, Leslie model, survival rate, fertility rate, exponential population curve.

Надійшла 15.03.2021.

БІОХІМІЯ

УДК 639.215.2 : 612.111 : (546.47+546.48)

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.4

В. О. ХОМЕНЧУК, Ю. І. СЕНИК, В. З. КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТУ ЦИНКУ І КАДМІЮ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНИ ЕРИТРОЦИТІВ ЗА ДІЇ ПІДВИЩЕНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЇХ ІОНІВ У ВОДІ

Досліджено особливості транспорту Цинку та Кадмію через мембрани еритроцитів коропа *in vitro* після 14 аклімації риб до підвищених концентрацій іонів Zn^{2+} та Cd^{2+} у воді. Встановлено, що поглинання цих металів еритроцитами коропа є до певної межі регульованим та концентраційнозалежним процесом. Зростання значення константи Міхаеліса сорбції іонів металів еритроцитами риб аклімованих до дії підвищених концентрацій іонів Zn^{2+} та Cd^{2+} вказує на зменшення їх спорідненості до металів, що є адаптивною відповіддю клітин на дію підвищених концентрацій токсикантів. Характер проникнення Цинку та Кадмію через біомембрану червоних кров'яних тілець риб, аклімованих до дії 2 ГДК іонів досліджених металів є очевидно результатом значних порушень цілісності мембрани клітин, і, як наслідок, зменшення здатності регулювати та обмежувати надходження досліджених металів до еритроцитів риб.

Ключові слова: транспорт, цинк, кадмій, еритроцити, короп.

Низка металів, входячи до складу живих організмів, є регуляторами багатьох фізіологічних та біохімічних процесів у них, у тому числі і водних тварин. Разом з тим, деякі метали, що потрапляють у гідроекосистеми з природних та антропогенних джерел, є вкрай токсичними для риб [9, 12].

Основною мішенню токсичної дії важких металів є біологічні мембрани [2, 3]. Еритроцити – універсальна модель для вивчення процесів, що відбуваються в клітинній мембрані під дією найрізноманітніших чинників, у тому числі металів [1]. Мембранам еритроцитів, окрім того, притаманні загальні принципи молекулярної організації плазматичних мембран [6]. Тому закономірності змін структури і функції мембрани еритроцитів за впливу іонів металів можуть бути екстрапольовані на інші мембранні системи.

Відомо, що організм риб має здатність адаптуватись до дії іонів металів та регулювати кількість їх надходження. Одним із важливих механізмів лімітування надходження металів є структурна перебудова мембран [10]. Тому нами було досліджено особливості транспорту Цинку та Кадмію через мембрани еритроцитів коропів, адаптованих до підвищених концентрацій іонів Zn^{2+} та Cd^{2+} . Дослідження функціональних змін показників мембран еритроцитів риб за дії металів також дозволить повніше дослідити механізми адаптації організму риб до несприятливих еколого-хімічних чинників навколишнього середовища.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено на дворічках коропа (*Cyprinus caprio* L.) з середньою масою 300–350 г. Вивчали особливості транспорту Цинку та Кадмію через мембрани еритроцитів риби *in vitro* після 14 денної аклімації риби до підвищених концентрацій іонів Zn^{2+} та Cd^{2+} у воді. Період аклімації у риби у токсичних умовах є достатнім для формування адаптивної відповіді на дію стрес-чинника [8].

Риби утримували в акваріумах об'ємом 200 л з відстояною водопровідною водою (вміст O_2 складав $7,5 \pm 0,5$ мг/дм³; CO_2 – $2,5 \pm 0,3$ мг/дм³; рН – $7,8 \pm 0,1$). Іони металів вносили в концентраціях, що відповідали 0,5 та 2,0 рибогосподарським ГДК ($0,5$ і 2 мг/дм³ для Zn^{2+} та $0,005$ мг/дм³ і $0,02$ мг/дм³ для Cd^{2+}) [7]. Необхідні концентрації іонів металів у воді створювали внесенням солей $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$ та $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$ кваліфікації “х.ч.”.

Після аклімації риби до токсичних умов *in vitro* вивчали концентраційну залежність проникнення Цинку та Кадмію в еритроцити адаптованих та неадаптованих риби. Кров для дослідження відбирали із серця риби. Голку для взяття крові з метою запобігання коагуляції попередньо обробляли розчином гепарину. Еритроцити крові отримували центрифугуванням охолодженої гепаринізованої крові риби протягом 10 хв при 3000 об./хв [4].

Іони металів ($0,1$, $0,5$, 1 , 2 , 3 та 5 мг/дм³) в інкубаційне середовище вносили у вигляді розчину солей $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$ та $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$ кваліфікації “х.ч.”. Як інкубаційне середовище використано розчин Рінгера для холоднокровних ($NaCl$ – $129,6$ мМ, $CaCl_2$ – $1,8$ мМ, $NaHCO_3$ – $2,5$ мМ, KCl – $2,7$ мМ). Співвідношення об'єму крові до об'єму середовища інкубації становило 1:10. Час інкубації тривав 30 хв за температури $18^\circ C$ розчину, що був насичений атмосферним киснем. Реакцію зупиняли додаванням $0,5$ мл $0,01$ М розчину ЕДТА, після чого еритроцити промивали тричі чистим фізіологічним розчином. Рівень накопичення Цинку та Кадмію визначали як різницю між вмістом металів в контрольній (без додавання іонів металів) та дослідних групах та виражали в мкг/г вологої маси. Кінетичні параметри накопичення металів у тканинах розраховували графічно за інтенсивністю накопичення та в координатах Лайнуівера-Берка.

Для визначення вмісту кадмію та цинку в еритроцитах останні спалювали в перегнаній нітратній кислоті у співвідношенні 1:5 (маса: об'єм). Вміст металів визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115. Усі одержані дані оброблено статистично з використанням t-критерію Стьюдента [5].

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз отриманих результатів показав, що поглинання іонів Цинку в риби контрольної групи в діапазоні $0,1$ - 2 мг/дм³ іонів металу в середовищі інкубації має місце значне зростання кількості сорбованого металу (від $1,98$ до $4,57$ мкг/г), після чого транспорт іонів Zn^{2+} сповільнюється (рис. 1).

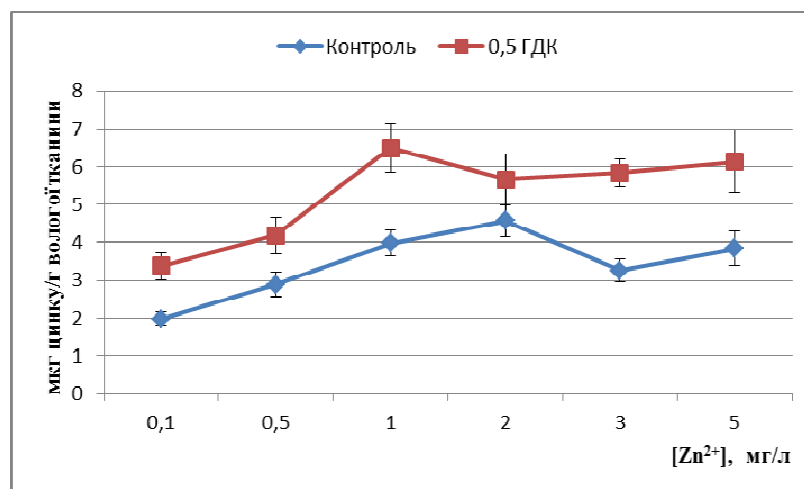


Рис. 1. Вплив адаптації до дії 0,5 ГДК іонів Цинку на його поглинання еритроцитами коропа.

Подібний профіль поглинання іонів Цинку було відмічено в риб, аклімованих до 0,5 ГДК іонів Zn^{2+} . Проте максимум акумульованого металу відмічено за 1 мг/дм³ іонів металу в середовищі інкубації еритроцитів риб.

Таку закономірність кінетики поглинання іонів Цинку, імовірно, можна пояснити насиченням поверхні еритроцитів металом, після чого процес накопичення лімітується проникненням металу через мембранні структури. Слід відзначити більші кількості сорбованого Цинку еритроцитами риб, що були аклімовані до 0,5 ГДК іонів Zn^{2+} . Очевидно, це пояснюється більшою кількістю сайтів зв'язування на поверхні еритроцитарної мембрани.

Було встановлено, що максимальна швидкість надходження Zn^{2+} через мембрану еритроцитів у неаклімованих коропів становить $8,93 \cdot 10^{-3}$ мкмоль/г·хв, а значення константи Міхаеліса поглинання для Zn^{2+} становить $0,258$ мкмоль⁻¹ (рис. 2).

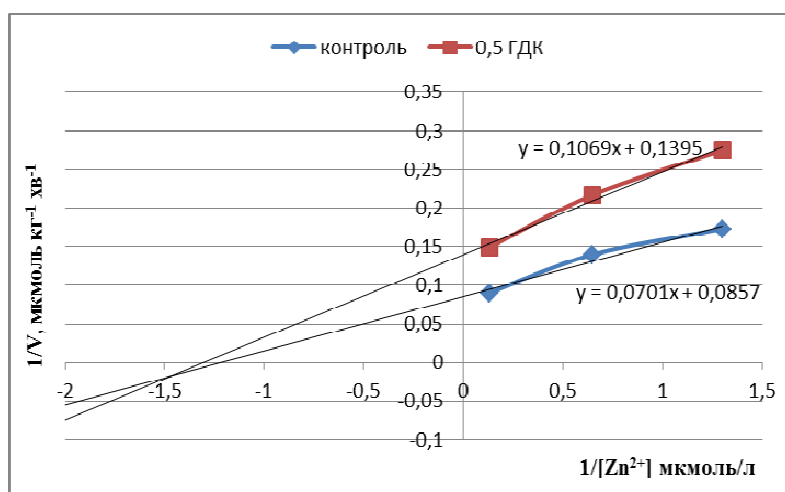


Рис. 2. Поглинання іонів Zn^{2+} еритроцитами коропа в координатах Лайнуівера-Берка.

Константа Міхаеліса сорбції Цинку еритроцитами риб, аклімованих до дії допорогових концентрацій іонів цинку, становила $0,262$ мкмоль⁻¹, а максимальна швидкість надходження – $1,05 \cdot 10^{-2}$ мкмоль/г·хв.

Подібність кінетичних кривих накопичення токсиканту, а також незначні зміни в значеннях максимальної швидкості надходження іонів Цинку та константи Міхаеліса в контрольних та аклімованих до дії допорогових концентрацій іонів Цинку груп риб вказує на незначні структурно-функціональні зміни мембрани еритроцитів.

У риб, аклімованих до дії 2 ГДК іонів цинку, характер залежності поглинання Zn^{2+} еритроцитами відмінний від групи риб, адаптованих до впливу 0,5 ГДК токсиканту. Дослідження показують, що кількість поглинутого металу еритроцитами у цій групі коропів є нижчою порівняно з рибами, адаптованими до дії допорогових концентрацій, хоча кількість поглинутих іонів Zn^{2+} , у цілому, також була вищою в червоних кров'яних тільцях порівняно з контрольною групою (рис. 3).

Із одержаних даних видно, що проникнення іонів Zn^{2+} через мембрану еритроцитів аклімованих риб до дії сублетальної кількості Цинку в інтервалі концентрацій іонів металу 0,1 – 1 мг/дм³ має лінійний характер. За концентрації Zn^{2+} близько 1 мг/л відмічається насичення мембрани еритроцитів з подальшим зменшенням кількості поглинутого металу при концентрації 2 мг/дм³. В інтервалі концентрацій 2–5 мг/дм³ іонів Цинку в середовищі інкубації спостерігається лінійне зростання кількості сорбованого металу еритроцитами, що, очевидно, свідчить про нерегульоване надходження металу за градієнтом концентрації.

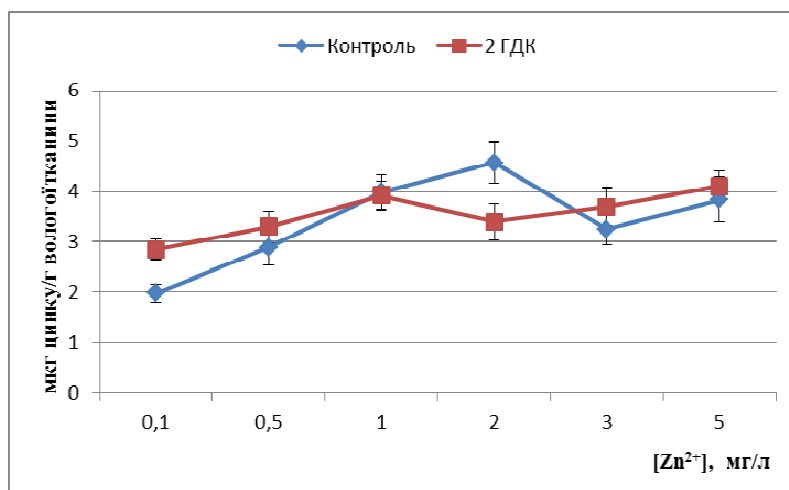


Рис. 3. Вплив адаптації до дії 2 ГДК іонів Цинку на його поглинання еритроцитами коропа.

Зменшення кількості накопиченого металу в еритроцитах аклімованих риб до дії 2 ГДК токсиканту порівняно з показниками еритроцитів аклімованих риб до дії допорогової концентрації, очевидно, є наслідком адаптивних змін мембрани еритроцитів з метою обмеження надходження цинку до клітин крові коропа. Було встановлено, що константа Міхаеліса поглинання Цинку еритроцитами риб, аклімованих до дії 2 ГДК іонів Цинку, становить $0,775 \text{ мкмоль}^{-1}$, а максимальна швидкість транспорту іонів металу – $1,68 \cdot 10^{-2} \text{ мкмоль/г} \cdot \text{хв}$ (рис. 4).

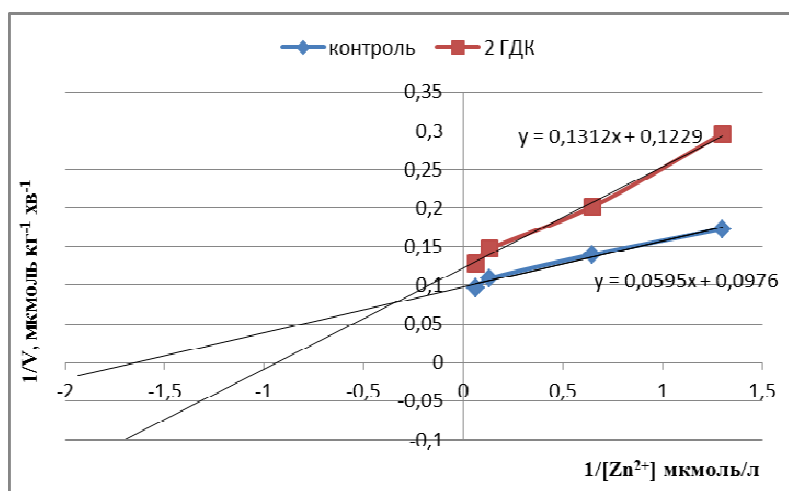


Рис. 4. Поглинання іонів Zn^{2+} еритроцитами коропа в координатах Лайнуївера-Берка.

Отримані дані щодо накопичення іонів Кадмію в еритроцитах дослідних коропів показують, що адаптовані до дії допорогових концентрацій токсиканта риби сорбують більшу його кількість порівняно з контрольною групою (рис. 5).

При зростанні кількості іонів Cd^{2+} у середовищі інкубації $> 2 \text{ мг/л}$ спостерігається сповільнення процесу поглинання металу еритроцитами риб дослідної групи. Це можна пояснити, з одного боку, інгібуванням мембранних переносників, можливо, за рахунок зв'язування металу з їх $-\text{SH}$ групами, адже відомо, що Кадмій відноситься до групи так званих «тіолових отрут» [11], а з іншого – зростанням резистентності мембранних структур та ізолюючої здатності мембрани щодо іонів Cd^{2+} .

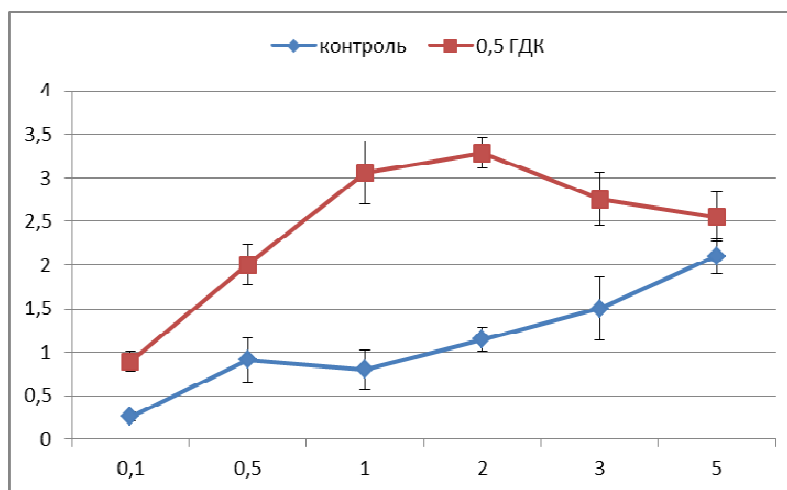


Рис. 5. Вплив адаптації до дії 0,5 ГДК Кадмію на його поглинання еритроцитами коропа.

Було встановлено, що константа Міхаеліса для процесів сорбції та проникнення через мембрану еритроцитів риб, аклімованих до дії допорогових концентрацій іонів Кадмію, розрахована графічно за методом подвійних зворотних величин, становлять $2,46 \cdot 10^{-2}$ мкмоль⁻¹, а максимальна швидкість процесу – $0,00258$ мкмоль/г·хв (рис. 6).

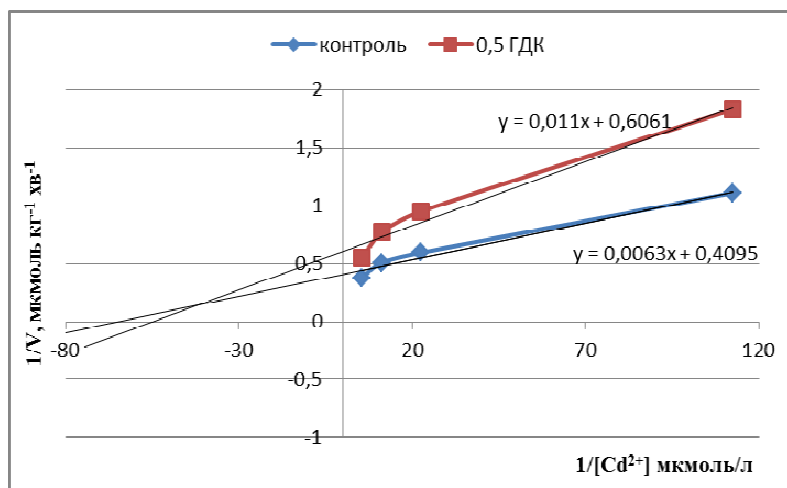


Рис. 6. Поглинання іонів Cd²⁺ еритроцитами коропа в координатах Лайнуівера-Берка.

Максимальна швидкість надходження Cd²⁺ через мембрану еритроцитів у неадаптованих риб становила $1,62 \cdot 10^{-3}$ мкмоль/г хв, а константа Міхаеліса – $1,2 \cdot 10^{-2}$ мкмоль⁻¹.

Порівнюючи дані поглинання Кадмію еритроцитами адаптованих риб з контрольною групою, можна відзначити збільшення значення константи Міхаеліса, що вказує на зниження спорідненості мембранних переносників до іонів Кадмію, а також зростання швидкості їх транспорту через мембрану еритроцитів. Одержані результати можуть свідчити про синтез специфічних ізоформ мембранних переносників, що є адаптивною відповіддю на дію підвищених концентрацій токсиканта у воді. Очевидно, такі функціональні зміни транспортних білків мембрани сприяють інтенсифікації процесів перерозподілу та виведення Кадмію з організму риб.

У риб, адаптованих до дії 2 ГДК іонів Cd²⁺, характер залежності поглинання Cd²⁺ еритроцитами відмінний від групи риб, аклімованих до 0,5 ГДК металу (рис. 7).

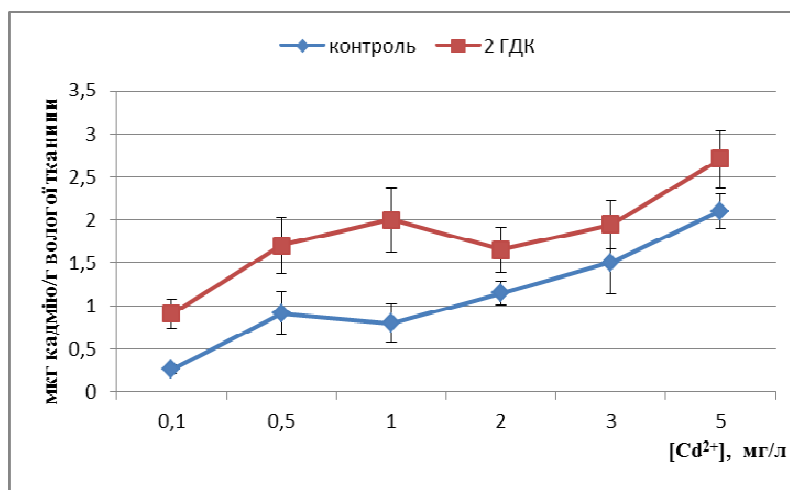


Рис. 7. Вплив адаптації до дії 2 ГДК Кадмію на його поглинання еритроцитами коропа.

Відмічено послаблення поглинання іонів металу при концентрації його 2 мг/дм³ в середовищі інкубації з подальшим лінійним зростанням без ефекту насичення.

Було встановлено, що константа Міхаеліса сорбції Кадмію мембраною еритроцитів риби, аклімованих до дії 2 ГДК іонів Кадмію, становила $4,7 \cdot 10^{-2}$ мкмоль⁻¹, а максимальна швидкість транспорту іонів металу – $3,17 \cdot 10^{-3}$ мкмоль/г хв (рис. 8).

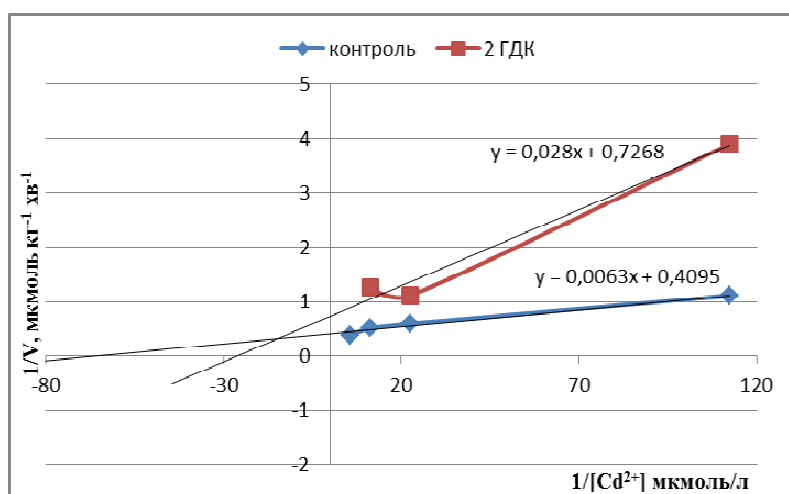


Рис. 8. Поглинання іонів Cd²⁺ еритроцитами коропа в координатах Лайнуівера-Берка.

Очевидно, при зростанні концентрації токсиканту вище 2 мг/л мембранні структури неефективно обмежують надходження іонів Cd²⁺ та має місце пряма залежність між концентрацією токсиканту у воді та його кількістю в еритроцитах.

Висновки

Поглинання іонів Цинку та Кадмію еритроцитами коропа є до певної межі регульованим та концентраційнозалежним процесом. 14-денна адаптація риби до підвищених концентрацій іонів Zn²⁺ та Cd²⁺ призводить до суттєвих змін у проникності біологічної мембрани еритроцитів. Зростання значення константи Міхаеліса сорбції іонів металів еритроцитами риби, аклімованих до дії підвищених концентрацій іонів Zn²⁺ та Cd²⁺, указує на зменшення їх спорідненості до металів, що є адаптивною відповіддю клітин на дію підвищених концентрацій токсикантів. Характер проникнення Цинку та Кадмію через біомембрану червоних кров'яних тілець риби, аклімованих до дії 2 ГДК іонів Zn²⁺ та Cd²⁺, є, очевидно, результатом значних порушень

цілісності мембрани клітин, і, як наслідок, зменшення здатності регулювати та обмежувати надходження досліджених металів до еритроцитів риб.

1. Абдуллаева Н. М., Габибов М. М. Состояние мембран эритроцитов периферической крови рыб при воздействии тяжелых металлов и сырой нефти. *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*. 2011. № 5. С. 50–54.
2. Апихтіна О. Л. Дослідження мембранотоксичної дії важких металів на моделі еритроцитів крові in vitro. *Сучасні проблеми токсикології*. 2011. № 1–2. С. 65–69.
3. Геннис Р. Биомембраны: Молекулярная структура и функция. М. : Мир, 1997. 624 с.
4. Житенёва Л. Д., Рудницкая О. А., Каложная Т. И. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб. Справочник. Ростов на Дону : АЗНИИРХ, 1997. 149 с.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия : учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е. изд., перераб. и доп. М. : Высш. шк., 1990. 352 с.
6. Новицкий В. В., Рязанцева Н. В., Степовая Е. А., Федорова Т. С., Кравец Е. Б., Иванов В. В., Жаворонок Т. В., Часовских Н. Ю., Чудакова О. М., Бутусова В. Н., Яковлева Н. М. Молекулярные нарушения мембраны эритроцитов при патологии разного генеза являются типовой реакцией организма: контуры проблемы. *Бюллетень сибирской медицины*, 2006. № 2. С. 62–69.
7. Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-безопасных уровней воздействия вредных веществ (ОБУВ) для воды рыбохозяйственных водоемов / Минрыбхоз СССР. М., 1990. 44 с.
8. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимическая адаптация. М. : Мир, 1988. 568 с.
9. Hemmadi V. A critical review on integrating multiple fish biomarkers as indicator of heavy metals contamination in aquatic ecosystem. *International Journal of Bioassays*. 2017. Vol. 6 (9). P. 5494–5506.
10. Henderson R. J., Tocher D. R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Prog. Lipid Res.*, 1987. Vol. 26 (4). P. 281–347.
11. Remelli M., Nurchi V. M., Lachowicz J. I., Medici S., Zoroddu M. A., Peana M. Competition between Cd (II) and other divalent transition metal ions during complex formation with amino acids, peptides, and chelating agents. *Coord. Chem. Rev.* 2016. Vol. 327–328. P. 55–69.
12. Wood Chris M., Farrell Anthony P., Brauner Colin J. Homeostasis and toxicology of essential metals edited. *Fish Physiology*. London : Academic Press. 2011. Vol. 31. Part A. P. 1–497.

References

1. Abdullaeva N. M., Gabibov M. M. Sostoyanie membran eritrocitov perifericheskoy krovi ryb pri vozdejstvii tyazhelyh metallov i syroj nefiti. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki*. 2011. № 5. С. 50–54. [in Russian]
2. Апыхтіна О. Л. Дослідження мембранотоксичної дії важких металів на моделі еритроцитів крові in vitro. *Suchasni problemy toksykologhii*. 2011. № 1–2. С. 65–69. [in Ukrainian]
3. Gennis R. Biomembrany: Molekulyarnaya struktura i funkciya. М. : Mir, 1997. 624 s. [in Russian]
4. Zhitenyova L. D., Rudnickaya O. A., Kalyuzhnaya T. I. Ekologo-gematologicheskie harakteristiki nekotoryh vidov ryb. Spravochnik. Rostov na Donu : AzNIIRH, 1997. 149 s. [in Russian]
5. Lakin G. F. Biometriya : Uchebnoe posobie dlya biol. spec. vuzov. 4-e. izd., pererab. i dop. М. : Vyssh. shk., 1990. 352 s. [in Russian]
6. Novickij V. V., Ryazanceva N. V., Stepovaya E. A., Fedorova T. S., Kravec E. B., Ivanov V. V., Zhavoronok T. V., Chasovskih N. Yu., Chudakova O. M., Butusova V. N., Yakovleva N. M. Molekulyarnye narusheniya membrany eritrocitov pri patologii raznogo geneza yavlyayutsya tipovoj reakciej organizma: kontury problemy. *Byulleten sibirskoj mediciny*, 2006. № 2. S. 62–69. [in Russian]
7. Obobshchennyj perechen predelno-dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno-bezopasnyh urovnej vozdejstviya vrednyh veshchestv (OBUV) dlya vody rybohozyajstvennyh vodoemov / Minrybhoz SSSR. М., 1990. 44 s. [in Russian]
8. Hochachka P., Somero Dzh. Biohimicheskaya adaptaciya. М.: Mir, 1988. 568 s. [in Russian]
9. Hemmadi V. A critical review on integrating multiple fish biomarkers as indicator of heavy metals contamination in aquatic ecosystem. *International Journal of Bioassays*. 2017. Vol. 6 (9). P. 5494–5506.
10. Henderson R. J., Tocher D. R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Prog. Lipid Res.*, 1987. Vol. 26 (4). P. 281–347.
11. Remelli M., Nurchi V.M., Lachowicz J.I., Medici S., Zoroddu M.A., Peana M. Competition between Cd (II) and other divalent transition metal ions during complex formation with amino acids, peptides, and chelating agents. *Coord. Chem. Rev.* 2016. Vol. 327–328. P. 55–69.

12. Wood Chris M., Farrell Anthony P., Brauner Colin J. Homeostasis and toxicology of essential metals edited. Fish Physiology. London : Academic Press. 2011. Vol. 31. Part A. P. 1–497.

V. O. Khomnechuk, Yu. I. Senyk, V. Z. Kurant

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

PECULIARITIES OF ZINC AND CADMIUM TRANSPORT THROUGH ERYPROCYTIC MEMBRANES UNDER THE ACTION OF INCREASED CONCENTRATIONS OF THEIR IONS IN WATER

The peculiarities of Zinc and Cadmium transport through carp erythrocyte membranes in vitro after 14 acclimatization of fish to elevated concentrations of Zn^{2+} and Cd^{2+} ions were studied. It has been established, that the uptake of Zinc and Cadmium by carp erythrocytes is to a certain extent a regulated and concentration-dependent process. The uptake of Zinc and Cadmium has been shown to involve two stages: rapid sorption of metals by the membrane surface of fish erythrocytes and slower penetration through the apical membrane of red blood cells. The increase in the value of the Michaelis constant of sorption of metal ions by erythrocytes of fish acclimatized to elevated concentrations of Zn^{2+} and Cd^{2+} ions indicates a decrease in their affinity for metals, which is the adaptive response of cells to elevated concentrations of toxicants. The nature of the penetration of Zinc and Cadmium through the biological membrane of red blood cells of fish acclimatized to the action of 2 MPC of Zn^{2+} and Cd^{2+} ions is obviously the result of significant violations of cell membrane integrity, and, consequently, reduced ability to regulate and limit the flow of studied metals .

Keywords: transport, zinc, cadmium, erythrocytes, carp.

Надійшла 06.05.2021.

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 592.524 (262.5)

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.5

L. V. VOROBYOVA

Institute of Marine Biology NAS of Ukraine
Pushkinskaya str., 37, Odessa 65048
e-mail: vorobyova.meio@gmail.com

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE FORMATION OF TEMPORARY MEIOFAUNA OF THE ODESSA SEA REGION OF THE BLACK SEA

An analysis of long-term studies has made it possible to characterize the formation density of pseudomeiobenthos (temporary meiofauna) settlements depending on the substrate, depth, and seasons of the year in the Odessa Sea region of the northwestern Black Sea by the example of oligochaetes, polychaetes and juvenile mollusks. Their largest accumulations (the total density of settlements was 30865.8 ± 5384.3 ind m^{-2}) are characteristic of the ground sand/shell, the smallest for silty substrate (averaged 11705.5 ± 1337.8 ind m^{-2}). The maximum indices of the total number of temporary meiofauna were recorded on depth of 10-15 m (20826.3 ± 5010.4 ind m^{-2}). As shown by long-term studies, the average indicators of the total number of meiobenthos are highest in the winter period. The same applies to the density of the temporary component.

Keywords: Odessa Sea region, temporary meiofauna, substrate, depth, season.

In the meiobenthic community of organisms, it is customary to distinguish the permanent and temporary components of the meiofauna [9] or in the terminology of L. L. Chislenko – eumeiobenthos and pseudomeiobenthos [8]. In terms of population density and biomass, the majority of pseudomeiobenthos in the northwestern Black Sea is represented in most cases by young bivalves and polychaetes.

V. V. Galtsova regrets that many meiobenthologists often neglect the study of pseudomeiobenthos, motivating them to have a lower abundance compared to eumeiobenthos [3]. Unfortunately for the Black Sea there are few special studies that would show the features of the formation of the temporary component of meiobenthos [2, 16]. At the same time, juvenile macrofauna can comprise a significant part of the meiobenthos biomass [15] and its products [19]. According to our data, with a favorable hydrochemical regime, the indices biomass and production are very significant. Among representatives of the temporary component, the densest clusters are characteristic of juvenile individuals of polychaetes and bivalve mollusks. Under the crisis conditions for marine benthos organisms (high anthropogenic load, oxygen deficiency in the bottom layers of the water, low salinity, etc.) their share in the total indices sharply decreases even during periods of favorable seasonal periods for the mass larvae settling to the bottom.

Material and Methods

The description of the ecological characteristics of the pseudomeiobenthos of the Odessa Sea Region is based on the analysis of 327 samples (2005–2015). The sampling area and methods for collecting and processing them are described previously [2].

Results and Discussion

The large volume of samples made it possible to establish the features of the formation of the total number of pseudomeiobenthos (temporary meiofauna) and its individual groups depending on the type of substrate on which they live. During the period of mass sedimentation, the larvae and juveniles of bivalve mollusks are characterized by mosaic patterns in the distribution of their quantitative indicators. There is a fairly pronounced selectivity of larvae of different species with respect to the substrate [7]. Of great importance are the size of the particles and the gaps between them in the bottom sediments [18]. In addition, its chemical properties are of great importance when choosing a suitable substrate for sedimentation of larvae [11, 17]. Active subsidence of larvae and successfully completed (finishing) of metamorphosis makes it possible to replenish and restore bottom communities.

On silty substratum (154 samples), prevailed oligochaetes, polychaetes and mitillids. The total number of invertebrates in this category averaged 11705.5 ± 1337.8 ind.m⁻² (maximum – 118000 ind.m⁻²). Polychaetes dominate, accounting for 46 % of the total number of organisms with an average number of 5343.3 ± 914.7 ind.m⁻². The subdominant group – oligochaetes (32 %), their average number was 3693.0 ± 509.6 ind.m⁻².

On the silted shell (42 samples), meiobenthos was represented by only seven large taxon, of which three belong to pseudomeiobenthos. Its total abundance was formed mainly by polychaetes (48 %) and juvenile bivalve mollusks (46 %), the average of polychaetes density reached 12439.5 ± 3898.5 ind.m⁻² (maximum 125000 ind m⁻²), mollusks – 12145.1 ± 6867.0 ind.m⁻² (maximum 286000 ind.m⁻²). The average indicator density of oligochaetes was 1466.5 ± 541.6 ind.m⁻² (maximum – 16000 ind.m⁻²). The low density of oligochaetes settlements can be explained by the fact that on this substrate they are poorly provided with food.

On the shell substrate meiobenthos was very poor, during our research only six large taxon were present, of which two belonged to the temporary component, which makes up 20.3 % of the total abundances of meiobenthos. The total indices density of pseudomeiobenthos organisms was formed by polychaetes and mitilides – 15815.4 ± 9574.6 ind.m⁻². The proportion of polychaetes reached 56.7 % of the total abundance of pseudomeiobenthos (7646.15 ± 8574.2 ind.m⁻²).

On the ground, sand/shell pseudomeiobenthos was the most diverse, average for 11.7 % of the total abundance of meiobenthos. Oligochaetes, polychaetes, mitilides and gastropods were found, the total density of settlements of which was 30865.8 ± 5384.3 ind.m⁻². Polychaetes dominated (49 %) with average 15031.3 ± 2564.8 ind.m⁻², subdominant – bivalvia (30 %), the density of which was 9376.3 ± 2605.3 ind.m⁻². The number of oligochaetes was 3.5 times higher than on silted shells and silted sand and 1.5 times higher than on silts (17 % of the total number of meiobenthos) with an average density (5253.1 ± 1447.1 ind.m⁻²). We found gastropods only on this soil.

Thus, an analysis of the data obtained allows us to conclude that the in quantities of pseudomeiobenthos is characteristic of the shell/sand substrate, which was formed by almost 50 % due to polychaetes, which generally applies to all other substrates except silty sand where they accounted for 36 %. As mentioned above, mitilides on almost all types of soil have a significant density, with the exception of silts and, to a lesser extent, shell and sand.

The work of many authors [3, 10, 12] confirms the existence of direct or indirect relationships between the number of meiobenthos in and the depth of the sea water. It should be noted that the relationship between the concentration of meiobenthos and depth is an important integral [6]. This factor is important for the northwestern part of the Black Sea, which has heterogeneous and dynamic conditions of abiotic factors. Long-term studies in the Odessa Sea region made it possible to establish the heterogeneity of quantitative indicators of the temporary component of meiobenthos even at such relatively shallow depths of the shelf zone.

From a depth of 5-10 m, 172 samples were processed. The total number of pseudomeiobenthos at this depth was average 12839.0 ± 2710.3 ind.m⁻² (6.16 % of the total of the meiobenthos). Polychaetes prevailed (5417.2 ± 852.9 ind.m⁻²). Their share in the total population density of pseudomeiobenthos was 42 %. Young bivalvia (3721.8 ± 907.7 ind.m⁻²) were represented by 29 %. Oligochaetes (2753.2 ± 852.9 ind.m⁻²) occupied the third place with 21 %. The occurrence of gastropods was low (13.4 %), their average density of settlements on average at the considered depth

was $774.4 \pm 368.2 \text{ ind.m}^{-2}$. The formation of total biomass occurs both due to eumeiobenthos (62 %) and due to the temporary component (38 %). The biomass of the temporary component is mainly formed by polychaetes and oligochaetes.

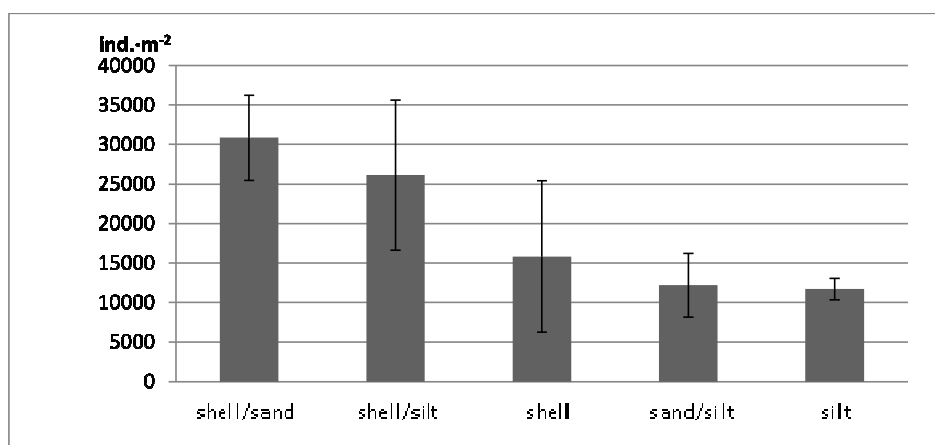


Fig. 1. Average abundance of the temporary components of meiobenthos on a different type of substrate

With an increase in depth (10–15 m), a silty substrate, silted shell, silted sand prevail. Sand with shells was rarely observed. 96 samples of meiobenthos were collected and processed. The total number of pseudomeiobenthos was $20826.3 \pm 5010.4 \text{ ind.m}^{-2}$ – 7.0 % of the total number of meiobenthos. Juveniles of bivalve mollusks dominated (average $9515.5 \pm 3787.0 \text{ ind.m}^{-2}$), accounting for 46 % of the total pseudomeiobenthos. Polychaetes (37 %) were the subdominant group with an average density $7789.4 \pm 1430.2 \text{ ind.m}^{-2}$. The number of oligochaetes and their participation in the formation of the total number of representatives of the temporary component remained practically unchanged. The average number of gastropods was ($309.3 \pm 137.8 \text{ ind.m}^{-2}$), its share in the total index decreased from 6 % to 1 %.

The role of pseudomeiobenthos in the formation of the total abundance of all meiobenthos sharply decreases at depths of 16–20 m (to 2.7 %). Of the 103 stations were collected and processed at this depth, 82.5 % of the soil was represented by black, gray, and meline silts. At the considered depth, the total number of pseudomeiobenthos averaged $10128.9 \pm 1744.8 \text{ ind.m}^{-2}$. Oligochaetes dominated (average 36 % of the total number of the temporary component), with an average density $3653.6 \pm 709.8 \text{ ind.m}^{-2}$. Polychaetes and Bivalvia (33 % and 28 % respectively) were subdominant groups; the average $3363.4 \pm 787.6 \text{ ind.m}^{-2}$ and $2834.6 \pm 898.7 \text{ ind.m}^{-2}$ respectively. The average density of gastropods has not changed.

At a depth of 21–25 m during the research period, 182 stations were collected, 92.5 % of which had silty soil. The total number of pseudomeiobenthos sharply decreased and amounted to $7195.2 \pm 1333.4 \text{ ind.m}^{-2}$ (2 % of the total number of meiobenthos). Polychaeta dominated with an average settlement density $507.4 \pm 993.6 \text{ ind.m}^{-2}$; their share in the total number of pseudomeiobenthos reached 48 % (Fig. 1).

Subdominant in numbers was Oligochaeta and Bivalvia, whose share was 25 % and 24 % respectively. Gastropods are noted only at one station

In the spring, the occurrence of temporary meiofauna in the studied water area was 74.35%, its total number varied from 250 ind.m^{-2} to $16,000 \text{ ind.m}^{-2}$, averaging $4195.9 \pm 814.6 \text{ ind.m}^{-2}$. These indicators formed three groups of meiobenthos: oligochaetes, whose average density was $2594.2 \pm 540.0 \text{ ind.m}^{-2}$; polychaetes with an average density of $1062.3 \pm 224.9 \text{ ind.m}^{-2}$ and juveniles of bivalve mollusks with an average number of $2025.8 \pm 984.3 \text{ ind.m}^{-2}$. The proportion of pseudomeiobenthos was 1.79% of the total number of meiobenthos. The first most massive removal of sexual products from rock mussels occurs when sea water in the upper layers is heated to 8–10° C. Typically, this temperature regime in the Odessa Sea region is reached in late March and early April. Thus, sedimentation of juvenile mitilides on the ground occurs in early summer.

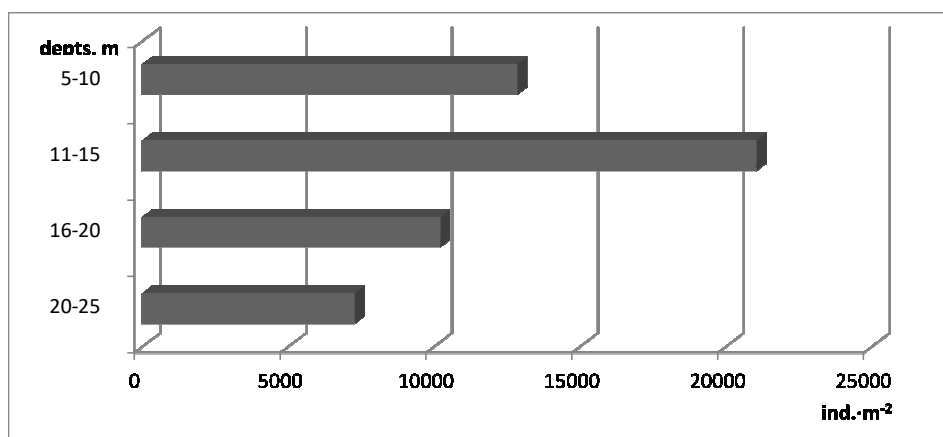


Fig. 2. Average abundance of the temporary component of meiobenthos at various depths

The occurrence of oligochaetes in the period under review was 50 %, with an average 2368.2 ind.m⁻², with the density of their settlements from 300 ind.m⁻² up to 12000 ind.m⁻². The minimum concentration was observed on silted shells, the depth was 11–15 m. The maximum indicator was on silts, the depth was 21–25 m. The average density of oligochaetes over a long period (1994–1998, 2005) was 1748.2 ± 489.3 ind.m⁻².

The occurrence of polychaetes is about 55 %, the density of settlements ranged from 100 ind.m⁻² on a silted shell at a depth of 11–15 m. At a water temperature of 9°C at the bottom and 14 ‰ salinity, 10 mg/l of dissolved oxygen at the bottom – to 15000 ind.m⁻² (silt, depth 20–25 m). The total biomass of invertebrates was 284.9±47.6 mg m⁻², oligochaetes (181.63±37.8 mg m⁻²), polychaetes dominated.

In the summer period, the total number of pseudomeiobenthos averaged 18847.8±2918.1 ind.m⁻², its share in the total number of meiobenthos was 5.69 %. In 1982, it was only 0.8 %. These indicators may indicate that the situation in the Odessa region has now improved. 77 % of it was juvenile bivalves and polychaetes. The average density of settlements of juvenile mitilids is 7406.3±2036.1 ind.m⁻², polychaetes – 7535.9±1151.7 ind.m⁻², oligochaetes – 4030.9±543.5 ind.m⁻². The maximum (125540.6 ind.m⁻² and 250500.2 ind.m⁻²) were noted in 2006. The first – at a depth of 5–10 m on silty sand at a temperature of 10° C, salinity 16 ‰ with good oxygen conditions. The second – at a depth of 11–15 m with the same good hydrochemical conditions.

In autumn, representatives of temporary meiofauna the greatest part in the formation of general indicators of the meiobenthos, they accounted for 9.14 %. Comparing this indicator with its counterpart in 1982–1983 (0.04–0.9 %, respectively), we can once again emphasize that the ecological state of the considered water area in the current period is significantly different for the better. The total number of the meiobenthos is 15289.7±3407.5 ind.m⁻², its maximum rate is 129000 ind.m⁻². Polychaetes dominated with an average density 8848.4±1912.1 ind.m⁻². The subdominant group in pseudomeiobenthos was oligochaetes (3282.8±844.4 ind.m⁻²).

The average number of mitilids in the autumn is more than in the summer. Gastropoda are represented by average indices of 844.8±311.8 ind.m⁻².

In winter, the density of pseudomeiobenthos (29955.8±6063.6 ind.m⁻²) was 7.3 % of the total number of meiobenthos, which was significantly higher than in other seasons. Its maximum total number was 137500 ind.m⁻². Polychaetes dominated (58 %) with an average density of 17701.9±3,542.9 ind.m⁻². In addition to polychaetes, mitilids took an active part in the formation of the total number of the temporary component; their share in the total number of meiobenthos was 39 % (11673.1±3062.4 ind.m⁻²). The average abundance of oligochaetes and gastropods is extremely low (384.6±192.7 ind.m⁻²).

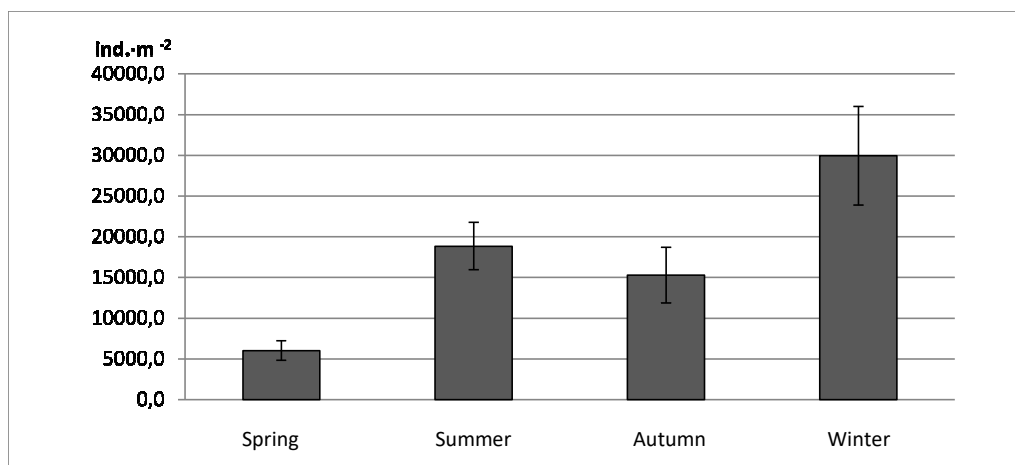


Fig. 3. Average abundance of the temporary component of meiobenthos in different seasons of the year

As shown by long-term studies, the average indicators of the total number of meiobenthos are highest in the winter period [2]. The same applies to the density of the temporary component.

Conclusions

The temporary component of meiobenthos plays an important role in the formation of the productivity of water bodies, since it serves as the main food for a number of larvae, juveniles, and adult individuals of commercial benthos fish.

Depending on the set of different abiotic factors, the dynamics of their quantitative characteristics in meiobenthos can vary significantly.

During the period of mass settling of larvae within the bottom communities, many of them, after reaching the bottom, are destroyed by adult invertebrates of bottom [13, 14, 15]. In these cases, the future structure of adult populations of certain species may be a influence on those species that are mutually neutral in adulthood [6].

Under favorable conditions for passing through the stages of metamorphosis for temporary meiofauna, the abundance and biomass of juvenile mollusks and polychaetes can play a significant role in the formation of density and biomass indices common to the entire meiobenthic community

As can be seen from the data presented, the most favorable conditions for the development of representatives of pseudomeiobenthos are in the depth range up to 16 m, then with increasing depth, the number of the considered category of meiobenthos decreases. In the Odessa Sea region a higher abundance of the temporary component of meiobenthos is noted on the shell/sand and silted shell.

1. Воробьева Л. В. Мейобентос украинского шельфа Черного и Азовского морей. Киев : Наук. думка, 1999. 300 с.
2. Воробьева Л. В. Одесский морской регион Черного моря: гидробиология пелагиали и бентали. Изд. «Астропринт», Одесса. 2017. С. 4–10.
3. Гальцова В. В. Мейобентос морских экосистем на примере свободноживущих нематод. *Тр. Зоол. ин-та АН СССР*. 1991. 224. 236 с.
4. Гальцова В. В., Владимиров М. В. Мейобентос юго-восточной части Кандалашского залива Белого моря. *Экология бентоса юго-восточной части Кандалашского залива и сопредельных вод*. Л. : ЗИН АН СССР, 1988. С. 47–74.
5. Милейковский С. Н. Личинки морских донных беспозвоночных и их роль в биологии моря. М., 1985. 117 с.
6. Мокиевский О. В. Экология морского мейобентоса. М., 2009. 286 с.
7. Свешников В. А. Морфология личинок митилид. *Промысловые двустворчатые моллюски мидии и их роль в экосистемах*. Л. : Изд-во ЗИН АН СССР, 1979. С. 103–104.
8. Численко Л. Л. О существовании «размерного разрыва» в морской фауне литорали и сублиторали. *Докл. АН СССР*. Нов. сер. 1961. 137, вып. 2. С. 431–435.

9. Bougis B. Methode pour l etude quantitative de la microfaune de fonde marine (meio-benthos). *Vie Milliu.* 1950. 1, N 1. P. 23–38.
10. McIntyre A. D., Murison D. J. The meiofauna of flatfish nursery ground. *Mar. Biol. Ass. U. K.* 1973. 53. P. 93–118.
11. Scheltema R. The relationship of salinity to larval survival and development in *Nas-sarius obsoletus* (Gastropoda). *Biol. Bull.* 1965. 129, N 2. P. 340–354.
12. Thiel H. Haufigkeit und Verteilung der Meiofauna im Bereich des Island-Farøer-Ruckens. *Bereichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung.* 1971. 22. P. 99–128.
13. Thorson G. Parallel level-bottom communities, their temperature adaptation, and their «balance» between predators and food animals // *Perspectives in marine biology.* Berkeley; Los Angeles: Univ. Cal. press, 1958. P. 67–86.
14. Thorson G. Light as an ecological factor in the dispersal and settlement of larvae of marine bottom invertebrates. *Ophelia.* 1964. 1. P. 167–208.
15. Thorson G. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Netherl. J. Sea Res.* 1966. 3, N 2. P. 267–293.
16. Vorobyova L. V., Kulakova I. I. Contemporary state of the meiobenthos in the western Black Sea – Odessa – Astroprint, 2009. 126 p.
17. Williams D. D. The brackish water hyporheic zone: invertebrate community structure across a novel ecotone. *Hydrobiologia.* 2003. 510. P. 153–173.
18. Wilson T.R.S. Competition and predation in marine soft-sediment communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1991. 21. P. 221–241.
19. Yingst J. Y. Patterns of microfaunal and meiofaunal abundance in marine sediments measured with adenosine triphosphate assay. *Mar. Boil.* 1978. 47, N 1. P. 41–54.

References

1. Vorob`eva L. V. Mejobentos ukrainskogo shel`fa Chernogo i Azovskogo morej. Kiev : Nauk. dumka, 1999. 300 s. [in Russian]
 2. Vorob`eva L. V. Odesskij morskij region Chernogo morya: gidrobiologiya pelagiali i bentali. Izd. «Astroprint», Odessa. 2017. S.4–10. [in Russian]
 3. Gal`czova V. V. Mejobentos morskikh e`kosistem na primere svobodnozhivushhikh nematod. *Tr. Zool. in-ta AN SSSR.* 1991. 224. 236 s. [in Russian]
 4. Gal`czova V. V., Vladimirov M. V. Mejobentos yugo-vostochnoj chasti Kandalash-skogo zaliva Belogo morya. *E`kologiya bentosa yugo-vostochnoj chasti Kandalashskogo zaliva i sopredel`ny`kh vod.* L.: ZIN AN SSSR, 1988. S. 47–74. [in Russian]
 5. Milejkovskij S. N. Lichinki morskikh donny`kh bespozvonochny`kh i ikh rol` v biologii morya. M., 1985. 117 c. [in Russian]
 6. Mokievskij O. V. E`kologiya morskogo mejobentosa. M., 2009. 286 s. [in Russian]
 7. Sveshnikov V. A. Morfologiya lichinok mitilid. *Promyslovyje dvustvorchatye mollyuski midii i ikh rol` v e`kosistemakh.* L.: izd-vo ZIN AN SSSR, 1979. S. 103–104. [in Russian]
 8. Chislenko L. L. O sushhestvovanii «razmernogo razryva» v morskij faune litorali i sublitorali. *Dokl. AN SSSR. Nov. ser.* 1961. 137, vyp. 2. S. 431–435. [in Russian]
 9. Bougis B. Methode pour l etude quantitative de la microfaune de fonde marine (meio-benthos). *Vie Milliu.* 1950. 1, N 1. P. 23–38.
 10. McIntyre A.D., Murison D.J. The meiofauna of flatfish nursery ground. *Mar. Biol. Ass. U. K.* 1973. 53. P. 93–118.
 11. Scheltema R. The relationship of salinity to larval survival and development in *Nas-sarius obsoletus* (Gastropoda). *Biol. Bull.* 1965. 129, N 2. P. 340–354.
 12. Thiel H. Haufigkeit und Verteilung der Meiofauna im Bereich des Island-Farøer-Ruckens. *Bereichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung.* 1971. 22. P. 99–128.
 13. Thorson G. Parallel level-bottom communities, their temperature adaptation, and their “balance” between predators and food animals // *Perspectives in marine biology.* Berkeley; Los Angeles: Univ. Cal. press, 1958. P. 67–86.
 14. Thorson G. Light as an ecological factor in the dispersal and settlement of larvae of marine bottom invertebrates. *Ophelia.* 1964. 1. P. 167–208.
 15. Thorson G. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Netherl. J. Sea Res.* 1966. 3, N 2. P. 267–293.
 16. Vorobyova L. V., Kulakova I. I. Contemporary state of the meiobenthos in the western Black Sea – Odessa – Astroprint, 2009. 126 p.
- 44 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2021, Т. 81, № 1–2

17. Williams D. D. The brackish water hyporheic zone: invertebrate community structure across a novel ecotone. *Hydrobiologia*. 2003. 510. P. 153–173.
18. Wilson T.R.S. Competition and predation in marine soft-sediment communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1991. 21. P. 221–241.
19. Yingst J. Y. Patterns of microfaunal and meiofaunal abundance in marine sediments measured with adenosine triphosphate assay. *Mar. Boil.* 1978. 47, N 1. P. 41–54.

Л. В. Воробйова

Інститут морської біології НАН України

РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ У ФОРМУВАННІ ПСЕВДОМЕЙОБЕНТОСУ (TEMPORARY MEIOFAUNA) ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ ЧОРНОГО МОРЯ.

Аналіз багаторічних досліджень дозволив встановити залежність формування щільності поселень псевдомейобентосу від типу субстрату, глибини і пори року в Одеському морському регіоні північно-західній частини Чорного моря на прикладі олігохет, поліхет і ювенільних молюсків. Їх найбільші скупчення (середня загальна щільність поселень - $30865,8 \pm 5384,3$ екз. m^{-2}) характерні для піску і черепашки, найменше - для мулистого субстрату (в середньому $11705,5 \pm 1337,8$ екз m^{-2}). Максимальні показники загальної чисельності псевдомейобентосу зафіксовані на глибині 10–15 м ($20826,3 \pm 5010,4$ екз m^{-2}). Як показали багаторічні дослідження, середні показники загальної кількості мейобентосу найвищі в зимовий період. Це саме можна характерне і до щільності тимчасового компоненту.

Ключові слова: Одеський морський регіон, псевдомейобентос (*temporary meiofauna*), субстрат, глибина, сезон.

Надійшла 08.04.2021.

ЕКОЛОГІЯ

УДК712.253 (477.63)

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.6

Ю. С. ЮХИМЕНКО, Л. І. БОЙКО, Н. М. ДАНИЛЬЧУК, О. В. КРАСНОШТАН,
О. П. КОРЖ

Криворізький ботанічний сад НАН України
вул. Маршака, 50, Кривий Ріг, Дніпропетровська область, 50089
e-mail: yukhimenkoj@gmail.com

СТАН ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *POPULUS* L. У ПАРКУ «САКСАГАНСЬКИЙ» МІСТА КРИВИЙ РІГ (ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ)

У парку «Саксаганський» міста Кривий Ріг досліджено стан представників роду *Populus*, частка яких становить 14,6 % від загальної кількості дерев та 21 % від загальної кількості таксонів. Переважна кількість екземплярів знаходиться у віці близько 40 років, які в умовах Криворіжжя потребують постійного догляду. Загальний стан рослин роду *Populus* можна вважати ослабленим, що може бути пов'язане з відсутністю відповідного догляду за деревами. Найкращий життєвий стан мають насадження *Populus simonii*, найгірший – *P. berolinensis*. Доцільною при визначенні доглядних робіт є попередня експертна оцінка щодо особливості експлуатації представників цього роду, зокрема визначення типу оптимального обрізування та вікових меж для повного видалення рослин. Рекомендовано збагатити насадження парку новими посадками *P. bolleana*, які мають високі естетичні властивості, а також впровадити представників цього роду, зокрема *P. suaveolens* Fisch. ex Loudon, *P. balsamifera* L. тощо.

Ключові слова: Кривий Ріг, парк «Саксаганський», *Populus*, життєвий стан, радикальне обрізування.

Місто вважається найяскравішим прикладом порушення природних екосистем, у якому через нестачу продуцентів та редуцентів колообіг речовин перетворюється на пряму смугу. Через це підтримання міського середовища потребує постійного внесення людиною додаткової енергії [16]. У цих умовах особливої уваги потребують зелені насадження, зокрема парки великих промислових міст.

Кривий Ріг розташований у степу і характеризується поєднанням доволі складних природних умов існування та значного антропогенного навантаження у вигляді важкої промисловості та автотранспорту.

Вважається, що в умовах індустриальних центрів представники роду *Populus* L. мають достатньо високу стійкість до техногенного забруднення [9, 19]. Широкий внутрішньовидовий поліморфізм, екологічна пластичність та здатність до вегетативного розмноження зробили їх перспективними для інтродукції та культивування на південному сході України.

Невибагливих до умов зростання, зі швидким темпом росту, представників роду *Populus* останні 50 років використовують в озелененні населених пунктів степової зони України. Проте, через швидкий ріст значна частка дерев досягла максимального віку зрілості, частина їх випала з насаджень, а інші перебувають у незадовільному або навіть аварійному стані. Як наслідок, рослини практично перестали виконувати захисні і декоративні функції [4, 13, 18].

Одним із засобів догляду за деревами є обрізування крони, основною метою якого є омолодження та надання декоративності рослинам [5]. Проте, працівники міських служб комунального господарства часто при обрізуванні дерев не дотримуються строків його проведення та технології виконання зрізів, не враховуючи біологічні особливості виду [10]. Останнім часом у містах, замість санітарної обрізки, здійснюють радикальне обрізування крон дерев, яке передбачає повне видалення крони і верхньої частини стовбура дерева. Це є найбільш травматичним і малоестетичним способом, який в усьому світі вважається варварським [6]. Видалення крони в дерев суттєво зменшує їхні середовищеві та декоративну функції. До того ж, радикальне обрізування крони в дорослих дерев згубно позначається на їхньому життєвому стані, призводить до передчасного старіння і загибелі насаджень [2].

У деяких наукових публікаціях наведено результати аналізу впливу неправильного обрізування дерев на стан рослин та виконання ними екологічних функцій. Автори вказують на ослаблення рослин, підвищення вразливості до хвороб, шкідників та збільшення захворюваності, на морфологічні та анатомічні зміни листків, порушення ростових процесів, зниження пілозатримуючої функції, збільшення чутливості листків до атмосферного забруднення тощо [3, 17].

Згідно «Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України» [14], тривалість експлуатації дерев із швидким темпом росту, до яких належать і види роду *Populus*, становить 70 років у парках та скверах і 45 років у вуличних насадженнях. При цьому, рослини в межах одного парку можуть зростати в різних екологічних умовах, оскільки частина насаджень контактує з прилеглими вулицями. Тому виникає питання, наскільки універсальними можуть бути строки та способи експлуатації дерев.

Попередніми дослідженнями встановлено, що в парках Кривого Рогу зростає 8 видів та один гібрид роду *Populus*, які займають 27,3 % загальної площі 22 парків міста. Найбільш поширеними є три види: *Populus nigra* L., *P. bolleana* Lauche і *P. italica* (Münchh.) Moench, частка яких становить 61 % від усіх представників цього роду [7].

Метою нашої роботи було визначення стану представників роду *Populus* в умовах парку «Саксаганський» та визначення особливостей їхньої подальшої експлуатації.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводились у 2010, 2015 та 2020 роках на території парку «Саксаганський» м. Кривий Ріг. Парк займає площу 5600 м². Дерева представлені різними віковими групами, проте вік окремих екземплярів не перевищує сорока років. У 2015 році було проведено радикальне обрізування переважної більшості деревних рослин з метою усунення аварійності та покращення санітарного стану. Радикальне обрізування можна поділити на наступні типи: слабкий (залишаються скелетні гілки другого та третього галуження), середній (залишаються скелетні гілки першого галуження) та сильний (залишається лише стовбур).

При обстеженні зелених насаджень висоту дерев заміряно за допомогою висотоміра Макарова, діаметр стовбура визначено мірною вилкою. Життєвий стан досліджуваних дерев визнали за модифікованою шкалою Л. С. Савельєвої [8], де «відмінний» стан дерева – габітус повністю збережений, відсутні помітні пошкодження крони та стовбура (7–8 балів), «добрий» стан – близький до попереднього, але менш облиствлений (5–6 балів), «задовільний» – переважна частина скелетних гілок жива (3–4 бали), «незадовільний» – жива менша частина скелетних гілок дерева (1–2 бали), «сухе» дерево – повністю відмерле (0 балів). Оцінку життєвого стану деревостанів визначали за модифікованою формулою В. А. Алесєєва [1], оцінку стану окремого дерева – за шкалою:

$$L_n = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N}, \text{ де}$$

L_n – відносний життєвий стан деревостану;

n_1 – кількість здорових дерев (7–8 балів);

n_2 – кількість ослаблених дерев (5–6 балів);

n_3 – кількість сильно ослаблених дерев (3–4 балів);

n_4 – кількість відмираючих дерев (1–2 бали);

N – загальна кількість дерев.

При показнику L_n 100–80 життєвий стан деревостану оцінюється як «здоровий», при 79–50 деревостан вважається пошкодженим (сильноослабленим), при 19 і нижче – повністю зруйнованим.

Математична обробка результатів здійснювалася за Г. Ф. Лакіним [12].

Результати досліджень та їх обговорення

Нині загальна кількість дерев у парку становить 487 екземплярів, із яких 18 повністю відмерлі (життєздатність 0 балів) та підлягають видаленню. Частка представників роду *Populus* становить 14,6 % (71 екземпляр) від загальної кількості дерев та 21 % від загальної кількості таксонів. У 2010 році середня висота всіх видів цього роду в парку становила 18–24 м, а життєвий стан складав 7–8 балів. У 2015 році було проведено радикальне обрізування сильного типу майже всіх рослин роду *Populus*, що зростають у парку, на висоті близько 7–8 м. На даний час висота таких рослин становить в середньому 10–15 м. Таким чином, відростання за 5 років сягнуло 3–5 м. Життєвий стан більше половини рослин роду *Populus* дорівнює 6 балам, близько 30 % – 7 балам та 15 % – 8 балам. Два екземпляри (по одному екземпляру *P. deltoides* Marshal та *P. × berolinensis* K. Koch.) повністю відмерли (0 балів) внаслідок такого обрізування.

Низький рівень життєвого стану більшості рослин роду *Populus* свідчить про малу ефективність застосованого методу обрізування. Це може бути пов'язано з відсутністю експертної оцінки щодо стану і подальшої експлуатації дерев, а також строків проведення обрізування. Більшість дерев не потребувало радикального обрізування сильного типу, коли залишається лише стовбур. Для них було б достатньо застосувати середній або слабкий тип обрізування, що дало б можливість уникнути сильного травматичного ефекту в рослин.

Видовий склад представників роду *Populus* та чисельність кожного виду представлено в таблиці 1. Найбільш чисельним виявився *P. deltoides* – всього в парку зростає 26 екземплярів цього виду (37,7 % від загальної кількості рослин цього роду), які належать до двох вікових груп. Морфометричні показники дерев цих груп не мають достовірних відмінностей, що може бути пов'язане з їхнім радикальним обрізуванням. Зменшення варіювання ширини стовбура з віком може пояснюватися більш активним ростом в товщину в цьому віці.

Таблиця 1

Морфометричні показники та життєздатність рослин роду *Populus* у парку «Саксаганський»

Вид	n	Вік, роки	Висота, м		Діаметр стовбура, см		Життєвий стан, бали
			$M \pm m$	$C_v, \%$	$M \pm m$	$C_v, \%$	
<i>Populus deltoides</i>	10	20 – 29	$12,0 \pm 1,08$	28,3	$39,6 \pm 4,14$	33,0	6 – 7
	16	30 – 39	$10,8 \pm 0,80$	29,9	$44,9 \pm 2,25$	20,1	6 – 8
<i>Populus × berolinensis</i>	13	30 – 39	$18,1 \pm 0,58$	11,59	$52,5 \pm 2,67$	18,38	6
<i>Populus simonii</i>	11	30 – 39	$12,4 \pm 0,85$	22,86	$37,5 \pm 1,90$	16,86	7 – 8
<i>Populus italica</i>	8	30 – 40	$15,5 \pm 1,19$	21,77	$59,0 \pm 3,09$	14,83	6 – 7
<i>Populus bolleana</i>	4	20 – 29	$15,0 \pm 1,25$	16,67	$38,5 \pm 2,88$	14,93	6 – 8

Populus × berolinensis представлений 13 особинами, що становить майже 21 % від загальної кількості рослин даного роду. Ці дерева зростають у віддаленій частині парку, тому не всі особини підпали радикальному обрізуванню. Висота некронваних особин за 10 років суттєво не змінилася внаслідок всихання верхніх гілок, проте життєвий стан значно погіршився й на сьогодні не перевищує 6 балів.

Populus simonii Carrière складає 17,7 % від загальної чисельності рослин даного роду в парку і характеризується найкращим життєвим станом. Слід відзначити, що показники товщини стовбура в цього виду виявилися найменшими серед усіх досліджених видів. *Populus italica* має найбільшу висоту після радикального обрізування та найбільшу товщину стовбура. Незважаючи на це, життєвий стан поступається іншим видам.

Populus bolleana має найменшу чисельність і представлений наймолодшими екземплярами. Ці рослини також не підпадали радикальному обрізуванню, у них видалені лише нижні гілки, що не усунуло всього сушняку в кроні і не підвищило життєвий стан окремих особин.

Було зареєстровано два екземпляри роду *Populus* з життєвим станом 0 балів. Оскільки в обох екземплярів при радикальній обрізці був залишений лише стовбур, можна передбачити, що це стало одним із факторів їх загибелі. Слід зазначити, що вік 30–40 років є доволі критичним, оскільки дерева всіх видів *Populus* у посушливих умовах степової зони переходять до стадії багатовікових генеративних рослин (g_3), коли відбувається спрощення життєвої форми, а саме різке зниження частки генеративних пагонів, ослаблення процесів росту і формування в пагонів та кореневої системи, переважання процесів відмирання над процесами новоутворення [20].

Було визначено відносний життєвий стан деревостанів *Populus* в парку. Встановлено, що здоровими можна вважати насадження *P. deltoides* ($L_n=82,0$) та *P. simonii* ($L_n=100,0$). Інші види знаходяться в ослабленому стані: *P. bolleana* $L_n=77,5$; *P. italica* $L_n=73,8$; *P. berolinensis* $L_n=65,4$. Загальний стан рослин роду *Populus* можна вважати ослабленим ($L_n=74,4$), що може бути пов'язане, по-перше, з порушенням правил обрізування, по-друге, з надмірним урботехногенним навантаженням промислового міста, по-третє, з прискореним старінням деревних рослин у посушливих умовах степової зони.

Також у парку наявні сім екземплярів молодих рослин роду *Populus* (табл. 2), з яких більшість належить до *P. x berolinensis*. Оскільки ростові процеси та життєвий стан мають високі показники, то можна говорити про високі адаптаційні властивості у молодому віці рослин роду *Populus* в умовах даного парку.

Таблиця 2

Морфометричні показники та життєздатність молодих рослин роду *Populus* у парку «Саксаганський»

Вид	n	Вік, роки	Висота, м	Діаметр стовбура, см	Життєвий стан
<i>Populus deltoides</i>	2	10 – 12	9	11 – 14	8
<i>Populus berolinensis</i>	4	5 – 7	4 – 8	6 – 14	8
<i>Populus simonii</i>	1	6	5	13	8

Таким чином, представники роду *Populus* в парку «Саксаганський» Кривого Рогу в більшості віднесені до категорії ослаблених. Найкраще зростають молоді екземпляри, у дорослому віці добрий життєвий стан має *Populus simonii*. Радикальне обрізування сильного типу є стресовим для всіх видів цього роду. Значно доцільнішим було б залишення скелетних гілок першого, другого або навіть третього галуження в залежності від стану рослин. В окремих випадках достатнім було б застосування лише санітарного або формуючого обрізування, що підтримувало би кращими функціонування та декоративність рослин.

Щодо часу експлуатації представників роду *Populus*, то його визначення повинно здійснюватися індивідуально не лише в межах міста, але й в межах окремих насаджень. Також слід відмовитись від узагальненого підходу з догляду дерев. Доречно залучати фахівців для визначення стану окремих дерев та найбільш ефективних методів їхнього догляду. Терміни санітарного та, тим більше, радикального обрізування слід обмежити весняним періодом до початку сокоруху в рослин.

На наш погляд, насадження парку потребують додаткового висаджування молодих екземплярів роду *Populus*, особливо *P. bolleana*, як одного з найбільш декоративних видів. Також рекомендовано створити посадки різного типу (алея, група, солітер) з нових для парку видів та культиварів *Populus*, зокрема *P. suaveolens* Fisch. ex Loudon, *P. balsamifera* L., *P. wettsteinii* Hämet-Ahti, *P. trichocarpa* Torr. & A.Gray ex Hook., *P. simonii* Carr. 'Piramidalis' та

ін. ДЕРЕВА з низьким рівнем життєвого стану повинні видалятися незалежно від віку й замінюватися молодими екземплярами, оскільки знижують декоративність насаджень та, вірогідно, уражені шкідниками або хворобами. Найвні насадження потребують постійного моніторингу їхнього стану та відповідного догляду. У подальшому передбачається здійснення експертних оцінок стану рослин роду *Populus* та надання рекомендацій щодо робіт з догляду за насадженнями парку.

Висновки

Представники роду *Populus* в парку «Саксаганський» Кривого Рогу становлять 14,6 % від загальної кількості дерев. Переважна кількість екземплярів знаходиться у віці близько 40 років, які в умовах Криворіжжя потребують систематичного санітарного обрізування, а періодично – радикального обрізування.

До більшості рослин роду *Populus* у парку було застосовано радикальне обрізування крони сильного типу у 2015 році. Внаслідок отриманого стресу після застосованих робіт з догляду життєвий стан більшості рослин цього роду знижений, 2 екземпляри загинули. Найкращий життєвий стан мають насадження *Populus simonii*, найгірший – *P. berolinensis*.

Доцільною при визначенні доглядних робіт є попередня експертиза щодо особливості експлуатації представників роду *Populus*, зокрема визначення типу радикального обрізування та вікових меж для повного видалення рослин.

Рекомендовано збагатити насадження парку новими посадками *P. bolleana*, які мають високі естетичні властивості, а також впровадити інших перспективних представників цього роду, зокрема *P. suaveolens* Fisch. ex Loudon, *P. balsamifera* L. тощо.

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. *Лесоведение*, 1989. № 4. С. 51–57.
2. Бакулин Т. В. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири. *Сиб. эколог. журн.* 2005. № 4. С. 563–571.
3. Бессонова В. П., Глубока В. М. Вплив омолоджувального обрізання на ураженість хворобами деревних рослин в умовах дії автомобільних викидів. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя. 2008. Вип. 13. № 2. С. 105–112.
4. Бессонова В. П., Пономарьова О. А., Иванченко О. Є. Видове різноманіття та життєвий стан деревних насаджень вздовж автотраси південного напрямку м. Дніпропетровськ. *Питання біоіндикації та екології*, 2014. Вип. 19. № 2. С. 64–84.
5. Бриккел К. Обрезка деревьев. М. : Мир, 1992. 198 с.
6. Горышина Т. К. Растение в городе. Л. : Из-во ЛГУ, 1991. 152 с.
7. Данильчук Н. М., Федоровский В. Д., Коршиков И. И. Тополя в парках Кривого Рога. *Інтродукція рослин*, 2015. № 4. С. 99–106.
8. Задорожная Д. В. Интегральная оценка жизнеспособности *Platanus × acerifolia* (AITON) Willd. в городских насаждениях. *Промышленная ботаника*, 2013. Вып. 13. С. 136–142.
9. Кулагин А. А., Шагиева Ю. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М. : Наука, 2005. 190 с.
10. Курницька М. П., Пахолок О. Т. Аналіз реакції деревних рослин на сильне кронування. *Наук. вісник НЛТУ України*: зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України, 2012. Вип. 22.5. С. 30–33.
11. Кучерявий В. П., Дудин Р. Б. Особливості обрізування деревно-чагарникових рослин. Методичні вказівки. Львів : УкрДЛТУ, 2003. 60 с.
12. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. 352 с.
13. Левон Ф. М. Зелені насадження в антропогенно трансформованому середовищі. К. : ННЦІАЕ, 2008. 364 с.
14. Наказ № 105, Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10.04.2006 «Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України».
15. Семенюта Ф. И. Лесная таксация. М.–Л. : Гослесбумиздат, 1961. 340 с.
16. Социально-экономический потенциал устойчивого развития: учебник / под ред.: Л. Г. Мельника, Л. Хенса. 2-е изд., стер. Сумы : Университетская книга, 2009. 1120 с.

17. Суслова Е. П. *Populus bolleana* Lanche в насаждениях промышленных городов юго-востока Украины. *Scientific Journal of Klaipeda State College «Formation of urbangreen areas»*, 2017. 1 (14) P. 225–231.
18. Суслова О. П., Поляков О. К., Нецветов М. В. Життєздатність деревних рослин у міських вуличних насаждениях на південному сході України. *Пром. Ботаника*, 2012. Вып. 12. С. 12–18.
19. Уразгильдин Р. В., Кужлева Н. Г. Анатоми-морфологическая характеристика листьев *Populus* в условиях промышленного загрязнения в Предуралье. *Биоразнообразие и ресурсы Урала и сопредельных территорий*. Материалы Междунар. конф. Оренбург : ИПК «Газпромпечат», 2001. С. 179–181.

References

1. Alekseev V. A. Diagnostika zhiznennogo sostojanija derev'ev i drevostoev. *Lesovedenie*, 1989. № 4. S. 51–57. [in Russian]
2. Bakulin T. V. Ispol'zovanie topolja v ozelenenii promyshlennyh gorodov Sibiri. *Sib. jekolog. zhurn.* 2005. № 4. S. 563–571. [in Russian]
3. Bessonova V. P., Hluboka V. M. Vplyv omolodzhivalnogo obrizannia na urazhenist khvorobamy derevnykh roslyn v umovakh dii avtomobilnykh vykydiv. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii. Zaporizhzhia*. 2008. Vyp. 13. № 2. S. 105–112. [in Ukrainian]
4. Bessonova V. P., Ponomarova O. A., Ivanchenko O. Ye. Vydove riznomanittia ta zhyttievyi stan derevnykh nasadzhen vzdovzh avtotrasy pivdennoho napriamku m. Dnipropetrovsk. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii*, 2014. Vyp. 19. № 2. S. 64–84. [in Ukrainian]
5. Brikkel K. *Obrezka derev'ev*. M. : Mir, 1992. 198 s. [in Russian]
6. Goryshina T. K. *Rastenie v gorode*. L. : Iz-vo LGU, 1991. 152 s. [in Russian]
7. Danylchuk N. M., Fedorovsky V. D., Korshykov Y. Y. Topolia v parkakh Kryvoho Roha. *Introduktsiia roslyn*, 2015. № 4. S. 99–106. [in Russian]
8. Zadorozhnaja D. V. Integral'naja ocenka zhiznesposobnosti Platanus × acerifolia (AITON) Willd. v gorodskih nasazhdenijah. *Promyshlennaja botanika*, 2013. Vyp. 13. S. 136–142. [in Russian]
9. Kulagin A. A., Shagiya Ju. A. Drevesnye rastenija i biologicheskaja konservacija promyshlennyh zagrzaznitelej. M. : Nauka, 2005. 190 s. [in Russian]
10. Kurnytska M. P., Pakholiuk O. T. Analiz reaktsii derevnykh roslyn na sylne kronuvannia. *Nauk. visnyk NLTU Ukrainy: zb. nauk.-tekhn. prats.* Lviv: RVV NLTU Ukrainy, 2012. Vyp. 22.5. S. 30–33. [in Ukrainian]
11. Kucheriavyi V. P., Dudyn R. B. Osoblyvosti obrizuvannia derevno-chaharnykovykh roslyn. *Metodychni vkazivky*. Lviv : UkrDLTU, 2003. 60 s. [in Ukrainian]
12. Lakin G. F. *Biometrija*. M. : Vysshaja shkola, 1990. 352 s. [in Russian]
13. Levon F. M. *Zeleni nasazhennia v antropohenno transformovanomu seredovyschi*. K. : NNTsIAE, 2008. 364 s. [in Ukrainian]
14. Nakaz № 105, Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy vid 10.04.2006 «Pro zatverdzhennia Pravyl utrymannia zelenykh nasadzhen u naselenykh punktakh Ukrainy». [in Ukrainian]
15. Semenjuta F. I. *Lesnaja taksacija*. M.–L. : Goslesbumizdat, 1961. 340 s. [in Russian]
16. *Social'no-jekonomicheskij potencial ustojchivogo razvittija: uchebnik / pod red.: L. G. Mel'nika, L. Hensa*. 2-e izd., ster. Sumy : Universitetska kniha, 2009. 1120 s. [in Russian]
17. Suslova E. P. *Populus bolleana* Lanche v nasazhdenijah promyshlennyh gorodov jugo-vostoka Ukrainy. *Scientific Journal of Klaipeda State College «Formation of urbangreen areas»*, 2017. 1(14) P. 225–231. [in Russian]
18. Suslova O. P., Poljakov O. K., Necvetov M. V. Zhittєzdatnist' derevnykh roslyn u mis'kih vulichnykh nasazhdenijah na pivdennomu shodi Ukraini. *Пром. Ботаника*, 2012. Vyp. 12. S. 12–18. [in Ukrainian]
19. Urazgil'din R. V., Kuzhleva N. G. Anatomi-морфологическая характеристика list'ev *Populus* v uslovijah promyshlennogo zagrzaznenija v Predural'e. *Биоразнообразие i resursy Urala i sopredel'nyh territorij*. Materialy Mezhdunar. konf. Orenburg: IPK «Gazprompechat», 2001. S. 179–181. [in Russian]

Y. S. Yukhimenko, L. I. Boyko, N. M. Danilchuk, O. V. Krasnoshtan, O. P. Korzh

Kryvyi Rih Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

STATE REPRESENTATIVES OF *POPULUS* L. IN PARK «SAKSAGANSKYI» IN KRYVYI RIH CITY (DNIPROPETROVSK REGION)

We studied the state of poplars in the park Saksaganskyi in Kryvyi Rih, their share being 14.6 % of the total number of trees and 21 % of the total number of taxa. The vast majority of specimens are aged 40; such trees in the conditions of Kryvyi Rih need constant care. The general condition of poplars can be considered weakened, it may be due to the lack of proper care. Plantations of *Populus simonii* are of the best state, while those of *P. berolinensis* are of the worst state. Preliminary expert assessment of the peculiarities of poplar operation, in particular the determination of the optimal pruning type and age limits for complete removal of plants, is appropriate to determine maintenance works. It is recommended to enrich the park plantings with new plantings of *P. bolleana*, which have high aesthetic properties, as well as to introduce species of this genus, in particular *P. suaveolens* Fisch. ex Loudon, *P. balsamifera* L. et al.

Keywords: Kryvyi Rih, park Saksaganskyi, Populus, vital state, radical pruning.

Надійшла 03.02.2021.

ІХТІОЛОГІЯ

УДК 619:611.018(073)

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.7

В. О. КУРЧЕНКО, Т. С. ШАРАМОК, О. М. МАРЕНКОВ

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
пр-т Гагаріна, 72, Дніпро, 49000
e-mail: kurchenko.viktoria.3@gmail.com

ГІСТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЯБЕР ТА НИРОК КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО З ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА

У статті розглянуто гістологічну структуру зябер та нирок карася сріблястого із Запорізького (Дніпровського) водосховища. Дослідження здійснені впродовж 2017–2019 років у риб в акваторії водоймища на ділянках, що відрізняються ступенем антропогенного навантаження. Гістологічно було виявлено зміни у зябрах та нирках: у зябрах карася виявлено некроз, гіперплазію епітелію, викривлення ламел, потовщення терміналей респіраторних ламел, злиття ламел. При гістологічному дослідженні нирок також були виявлені патології, а саме: некроз, дегенерація ниркових каналців, інфільтрація клітин крові у тканину нирки кістозні новоутворення. Найбільше патологій фіксувалося у риб з Самарської затоки. Усі виявлені патології можуть свідчити про несприятливі умови існування карася сріблястого, а також про можливість використання риб цього виду як біоіндикатора несприятливої екологічної ситуації.

Ключові слова: нирки, зябра, гістопатології, нефрон, карась сріблястий, риби, Запорізьке (Дніпровське) водосховище.

На сьогодні багато зарубіжних та українських науковців значну увагу приділяють вивченню питання впливу токсикантів та інших факторів водного середовища на гідробіонти, насамперед риби [7, 12, 10, 13, 18]. Їх вважають найбільш зручними об'єктами біомоніторингу забруднення водних екосистем [6]. Згідно з дослідженнями, гістопатологічні зміни внутрішніх органів риб можуть бути віддзеркаленням біологічного ефекту впливу навколишнього середовища на організм [16, 15, 11]. Відомо, що найбільш чутливими до дії токсичних речовин у воді є органи-мішені, до яких відносять зябра, печінку (гепатопанкреас), нирки. Спектр гістопатологій цих органів доволі широкий. Нирки відіграють важливу роль у підтримці гомеостазу, виконуючи видільну та осморегулюючу функції. Також ретикулярна тканина риб нирок бере участь у гемопоезі. Хоча зябра, в основному, – орган дихання, вони також виконують функцію виведення та осморегуляції. Більшість азотистих залишків виводяться шляхом екскреції через зябра.

Вивчення виникаючих у риб гістологічних змін та розуміння закономірностей їх виникнення є досить актуальним, бо дозволяє оцінити стан популяцій риб та спрогнозувати подальші зміни розвитку патологій.

Метою роботи було дослідити гістологічну структуру зябер та нирок карася сріблястого (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) Запорізького (Дніпровського) водосховища.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили у риб із Запорізького (Дніпровського) водосховища, а саме у Самарській затоці та нижній частині водосховища (поблизу с. Військове) упродовж 2017–2019 років.

Попередніми дослідженнями виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій важких металів у воді Самарської затоки порівняно з нижньою ділянкою Запорізького водосховища [10]. У Самарській затоці спостерігався високий вміст нікелу та кадмію. Виявлено статистично значущі відмінності між вмістом купруму (на 35 %), цинку (на 42 %), нікелу (на 65 %), свинцю (на 75 %) та кадмію (на 85 %) у двох районах водосховища ($p < 0,05$) [9].

Об'єктом дослідження були чотирирічні особини карася сріблястого обидвох статей. Нирки та зябра риб для гістологічних досліджень отримували від свіжовивленої риби шляхом анатомічного розтину. Для фіксації відбирали фрагменти органа розміром 0,3–0,5 см. Гістологічні дослідження проводились за загальноприйнятими методиками [3]. Фотографії гістологічних препаратів виготовляли за допомогою цифрової фотокамери «SciencelabT500 5.17M», яку підключали до мікроскопа фірми «Ulab XY-B2TLED». Обчислення проводили за допомогою програми «ScienceLabView7». Статистичне опрацювання отриманих даних здійснювали із застосуванням програми «Microsoft Excel 2010».

Результати досліджень та їх обговорення

При гістологічному дослідженні зябер карася сріблястого було виявлено, що зябровий апарат представлений чотирма парами зябрових дуг (рис. 1). Кожна зяброва дуга складається з хрящової основи, яка пронизана веною та артерією. Від основи відходять тичинки, які, у свою чергу, складаються із хряща та сполучної тканини і несуть на собі два ряди пелюсток (первинних ламел). Кожна первинна ламела несе на собі по черзі розташовані пелюсточки (вторинні ламели). Первинні та вторинні ламели покриті багатошаровим епітелієм. Респіраторний зябровий епітелій, що покриває вторинні ламели, сформований розташованими у два шари респіраторними клітинами трохи сплющеної форми. Кожна ламела має кровоносний капіляр, у якому відбувається газообмін.

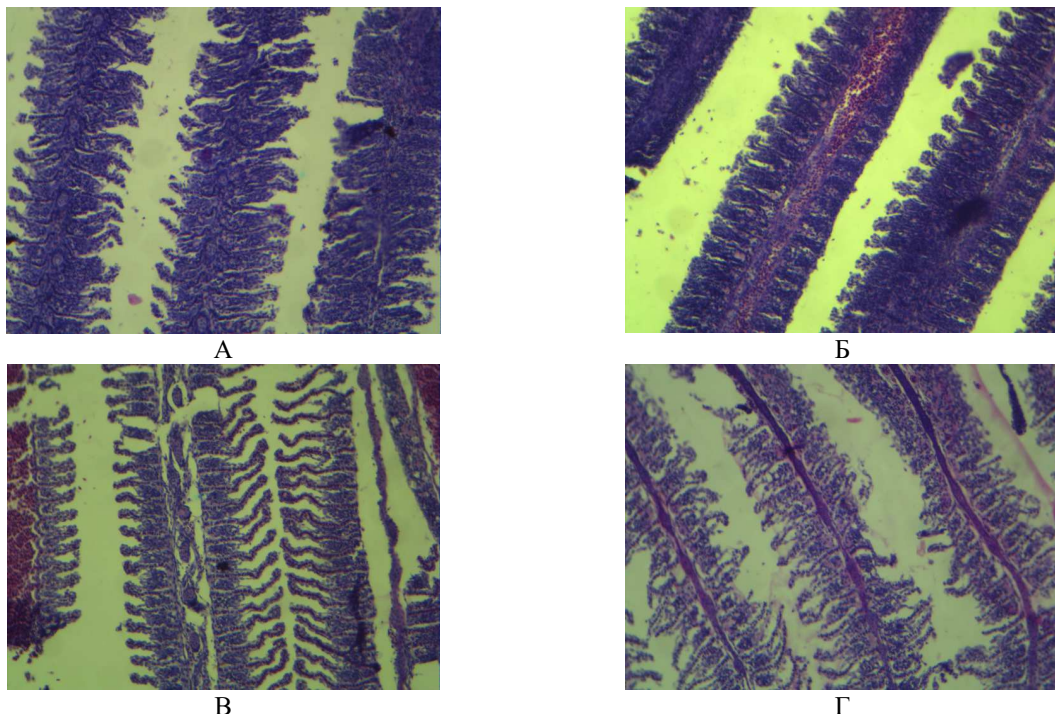


Рис. 1. Гістопатологічні зміни зябер карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: А – гіперплазія епітелію; Б – злиття ламел; В – викривлення та потовщення терміналей ламел; Г – некроз.

При гісто-патологічному дослідженні зябер карася сріблястого було виявлено некроз у риб з обох досліджених ділянок (рис. 1.Г). Причому найбільший прояв патології траплявся

восени у риб з Самарської затоки і складав $25 \pm 0,2$ % досліджених проб у самок і $20 \pm 0,2$ % у самців. У риб з нижньої ділянки цей показник був дещо меншим та складав $15 \pm 0,1$ % і $10 \pm 0,4$ % відповідно. Найчисельнішою патологією у риб Самарської затоки була гіперплазія епітелію, при якій показник сягнув $80 \pm 0,8$ % влітку у самок та $85 \pm 0,5$ % восени у особин обидвох статей (рис. 1.А). У риб з нижньої ділянки ця патологія траплялася поодинокі, частка прояву не перевищувала $5 \pm 0,1$ %. Однак, у зябрах карася, вилученого з нижньої ділянки Запорізького водосховища, спостерігали викривлення ламел (рис. 1.В) з найбільшою часткою прояву патології у самок восени – $18 \pm 0,1$ %, а також потовщення терміналей респіраторних ламел у риб обидвох статей – $15 \pm 0,5$ %. Відомо, що при забрудненні водного середовища важкими металами найбільш типовою для зябер гістопатологією є гіперплазія клітин апікальних ділянок респіраторних ламел та некротичні явища [1]. Також у карася з Запорізького водосховища спостерігалось злиття ламел, що не перевищував $15 \pm 0,3$ % (рис. 1.Б) Гіпертрофія та гіперплазія епітелію при дії важких металів призводить до деформації зябрових пелюсток, а потім до їх зростання [2]. Отже, подібні патології можуть свідчити про вплив важких металів, оскільки згідно з попередніми дослідженнями виявлено, що вміст більшості важких металів у воді Самарської затоки перевищують ГДК [9].

При гістологічному дослідженні нирок виявлено (рис. 2), що нефрон у карася сріблястого складається з наступних послідовних структурних одиниць: ниркового тільця, проксимального звивистого каналця (поділяється на перший та другий сегменти), дистального звивистого каналця, збірної каналця і збірної протоки.

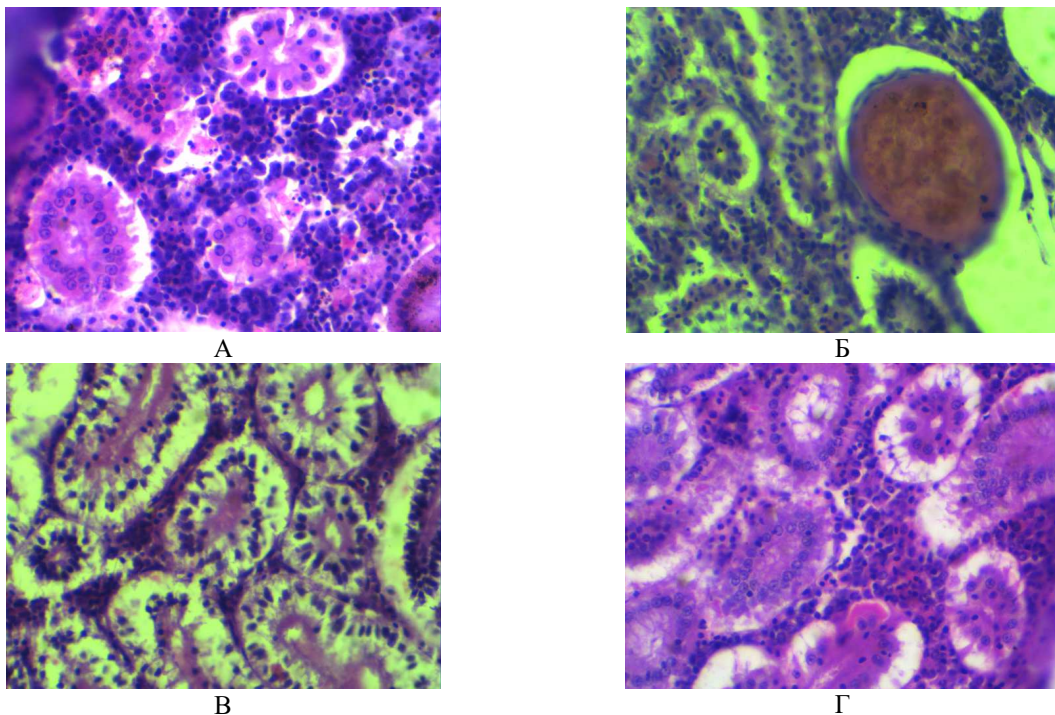


Рис. 2. Гістопатологічні зміни у тканині нирок карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: А – інфільтрація клітин крові у тканину нирки; Б – кістозне новоутворення; В, Г – некроз.

При цитологічному дослідженні було виявлено, що у карася сріблястого з Самарської затоки просвіт дистального звивистого каналця був відсутній або звужений, спостерігався набряк епітелію. Також у просвітах було видно включення білка, які займали майже увесь просвіт каналця. Деякими дослідниками виявлено, що різноманітні пестициди, які потрапляють у воду, здатні викликати різні патологічні зміни тканин нирок у риб. Так, пестицид ліндан викликав у риб характерні ознаки гострої інтоксикації – ураження нирок – вакуолізацію та гіпертрофію епітелію звитих каналців, їх деструкцію, зморщування клубочків [17].

При гістологічному дослідженні нирок карася сріблястого Самарської затоки було виявлено некроз – $25 \pm 0,2$ % проб у обох статей риб влітку (рис. 2. В, Г). Восени показник прояву гістопатології не змінився та склав $30 \pm 0,2$ % дослідної вибірки у самок і $25 \pm 0,4$ % проб у самців. У карася нижньої ділянки даної патології не виявлено.

Також у риб з обидвох ділянок траплялася дегенерація ниркових каналців. Причому, найбільша частка прояву цієї патології траплялася у самок з Самарської затоки – $60 \pm 0,1$ % досліджених проб. У риб з нижньої ділянки цей показник був дещо меншим та складав $40 \pm 0,5$ % проб у самок і $35 \pm 0,2$ % проб у самців. Найчисельнішою патологією у карася сріблястого з Самарської затоки була інфільтрація клітин крові у тканину нирки (рис. 2 А). Ця патологія траплялася як влітку, так і восени в особин обох статей на рівні $70-75 \pm 0,9$ %. У риб з нижньої ділянки також меншою мірою виявляли вище зазначену патологію. Найбільшу частку прояву фіксували у самок восени – $45 \pm 0,5$ %. Також влітку у риб обох статей з нижньої ділянки було виявлено кістозні новоутворення – $15 \pm 0,3$ % проб (рис. 2 Б). Виражена різноманітність виявлених типів гістологічних порушень, зазвичай, свідчить про хронічну негативну дію комплексу несприятливих факторів середовища на організм риб [4].

У нирці під дією забруднюючих речовин може розвиватися гіперемія і дистрофічні зміни в епітелії каналців та капсул, часто ускладнені некробіозом в боуменових капсулах й епітелії звивистих каналців [5]. Взагалі, у нирках риб виділяють наступні типові адаптивні реакції: зміни в каналцевому епітелії, атипова форма каналців, збільшення діаметра каналців як компенсація зменшеної фільтрації в клубочках, зміна судин системи кровопостачання і особливо потовщення їх стінок, збільшення (гіпертрофія) розмірів і зміна їх форми одних клубочків і дисфункціонування інших [8].

Деякі вчені виявили пряму залежність різноманіття виявлених у риб типів гістопатологій нирок від рівня впливу несприятливих факторів навколишнього середовища на окремих особин та їх популяції в цілому у водоймі з високим рівнем антропогенного забруднення. Чим сильніший прес на риб негативних факторів, тим більше виражено різноманіття виявлених гістопатологій і тим вище у популяціях окремих видів риб доля особин з тим чи іншим типом патології. Однак, наявність найбільш масових типів ниркових гістопатологій, як у випадку з патологіями інших внутрішніх органів, не залежить від видової належності особин, що є доказом неспецифічності цих порушень [4].

Отже, гістологічні патології у органах карася сріблястого свідчать про несприятливі умови існування цього виду. Їх прояв та інтенсивність може свідчити про хронічну дію забруднюючих речовин у воді. За результатами нашого дослідження виявлено, що у карася сріблястого з Самарської затоки прояв гістологічних змін як у зябрах так і у нирках є вищим, що може бути пов'язане з більш інтенсивним антропогенним навантаженням.

Висновки

При дослідженні гістологічної структури зябер карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища виявлені гістологічні зміни, що проявляються у вигляді некрозу, гіперплазії, злиття та потовщення терміналей ламел. При гістологічному дослідженні нефронів карася сріблястого Самарської затоки було виявлено, що просвіт дистального звивистого каналця був відсутній або звужений, спостерігався набряк епітелію. Також у просвітах було видно включення протеїнів, виявлено наступні патології: некроз, інфільтрація клітин крові у тканину нирки, кістозні новоутворення.

Враховуючи отримані дані, карася сріблястого можна застосовувати як біоіндикатора стану водного середовища, а його органи – як біомаркер стану організму. Отримані дані необхідні для моніторингу фізіологічного стану популяції дослідного виду.

1. Лукина Ю. Н. Проблемы здоровья рыб в водных экосистемах европейско-сибирской области Палеарктики: автореф. дисс. ... канд. биол. наук.: 03.02.06. Петрозаводск, 2014. 51 с.
2. Матей В. Е. Жабры пресноводных костистых рыб. СПб: Наука, 1996. 204 с.
3. Микодина Е. В., Седова М. А., Чмилевский Д. А. и др. Гистология для ихтиологов: опыт и советы. М. : ВНИРО, 2009. 112 с.
4. Минеев А. К. Гистопатологии почек у рыб из загрязненного участка р. Позимь (Удмуртская республика). *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2015. Т. 17. № 4. С. 215–221.

5. Моисеенко Т. И., Лукин А. А. Патологии рыб в загрязняемых водоёмах Субарктики и их диагностика. *Вопр. ихтиологии*. 1999. Том 39. № 4. С. 535–547.
6. Немова Н. Н., Высоцкая Р. У. Биохимическая индикация состояния рыб. М. : Наука, 2004. 215 с.
7. Олійник О. Б., Козій М. С., Матвієнко Н. М., Мандигра М. Зміни у печінці та селезінці коропів, уражених збудниками крустацеозів, під дією препаратів «жавель-клейд» та «діамант». *Ветеринарна медицина*. Вип. 103. 2017. С. 370–372.
8. Романов А. А., Лепилина И. Н., Романов А. А. Морфофункциональные нарушения почек осетровых и костистых рыб Волго-Каспия в современных условиях. *Цитология*. 2006. Том 48. № 1. С. 5–8.
9. Шарамок Т., Федоненко О., Курченко В., Николенко Ю. Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища. *Питання біоіндикації та екології*. 2019. Вип. 24, № 22. С. 137–149. <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-242-12>.
10. Diniz M., Pereira R., Freitas A. Evaluation of the sub-lethal toxicity of bleached kraft pulp mill effluent to *Carassius auratus* and *Dicentrarchus labrax*. *Water, Air, Soil Pollut.* 2011. Vol. 217. P. 35–45.
11. Golovanova I. Effects of heavy metals on the physiological and biochemical status of fishes and aquatic invertebrates. *Inland Water Biology*. 2008. Vol. 1. P. 93–101. <https://doi.org/10.1007/s12212-008-1014-1>.
12. Hagger J. A., Jones M. B., Leonard D. P., Owen R., Galloway T. S. Biomarkers and integrated environmental risk assessment: are there more questions that answer? *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2006. Vol. 2. № 4. P. 312–329. <https://doi.org/10.1002/ieam.5630020403>.
13. Mary C., Bhuvanewari D., Anandan R. Biochemical and histopathological studies on lead nitrate induced toxicity in fresh water fish grass carp (*Ctenopharyngodon Idella*). *European Journal of Experimental Biology*. 2015. Vol. 5. P. 24–30.
14. Mary S. C., Bhuvanewari D., Anandan R. Biochemical and histopathological studies on lead nitrate induced toxicity in fresh water fish grass carp (*Ctenopharyngodon Idella*). *European Journal of Experimental Biology*. 2015. Vol. 5. P. 24–30.
15. Mohamed Fatma A. Histopatological Sdudies on Tilapia zillii and Solea vulgaris from Lake Qarum, Egypt. *World journal of Fish and Marine Sciences*. 2009. 1 (1). P. 29–39.
16. Obayemi O. E. Histopathological changes in the gills, fillet and liver of Parachanna obscura in an Abandoned Gold Mine reservoir of Igun and Opa reservoir. *American Journal of Biology and Life Sciences*. 2019. 7 (1). P. 1–8.
17. Ortiz Juan B., Gonzalez de Canales M. Luiza, Sarasquete C. Histopathological changes induced by lindane (γ - HCH) in various organs of fishes. *Scientia Marina*. 2003. Vol. 67. № 1. P. 53–61.
18. Sehar A., Shafaqat A., Uzma S., Mujahid F., Saima A., Fakhir H., Rehan A. Effect of different heavy metal pollution on fish. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*. 2014. Vol. 21. P. 74–79.

References

1. Lukina Iu. N. Fish health problems in aquatic ecosystems of the European-Siberian region of the Palaearctic: avtoref. diss. kand. biol. nauk.: 03.02.06. Petrozavodsk, 2014. 51 s. [in Russian]
2. Matey V. E. Freshwater teleost fish gills. SPb: Nauka, 1996. 204 s. [in Russian]
3. Mikodina E. V., Sedova M. A., Chmylevskiy D. A. i dr. Histology for ichthyologists: experience and advice. М. : VNIRO, 2009. 112 s. [in Russian]
4. Mineev A. K. Kidney histopathology in fish from the contaminated site of the r. Take (Udmurt Republic). *Izvestia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2015. T. 17. No 4. S. 215–221. [in Russian]
5. Moiseenko T. I., Lukin A. A. Pathologies of fish in polluted water bodies of the Subarctic and their diagnostics. *Vopr. ikhtiologii*. 1999. Tom 39. No 4. S. 535–547. [in Russian]
6. Nemova N. N., Vysotskaia R. U. Biochemical indication of the state of fish. М. : Nauka, 2004. 215 s. [in Russian]
7. Oliynyk O. B., Kozii M. S., Matviienko N. M., Mandyhra M. Winks at the peppers and seedlings of the barks, who were defeated by the beetles of the crustaceoses, for the preparation of the preparation "javel-clay" and "diamond" Veterynarna medytsyna. Vyp. 103. 2017. S. 370–372. [in Ukrainian]
8. Romanov A. A., Lepilina I. N., Romanov A. A. Morphofunctional disorders of the kidneys of sturgeon and teleost fishes of the Volga-Caspian Sea in modern conditions. *Tsitologiya*. 2006. Tom 48. No 1. S. 5–8. [in Russian]
9. Sharamok T., Fedonenko O., Kurchenko V., Nykolenko Yu. Hydroecological assessment of the Zaporizhia reservoir. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii*. 2019. Vyp. 24, No 22. S. 137–149. [in Ukrainian]
10. Diniz M., Pereira R., Freitas A. Evaluation of the sub-lethal toxicity of bleached kraft pulp mill effluent to *Carassius auratus* and *Dicentrarchus labrax*. *Water, Air, Soil Pollut.* 2011. Vol. 217. P. 35–45.
11. Golovanova I. Effects of heavy metals on the physiological and biochemical status of fishes and aquatic invertebrates. *Inland Water Biology*. 2008. Vol. 1. P. 93–101. <https://doi.org/10.1007/s12212-008-1014-1>.

12. Hagger J. A., Jones M. B., Leonard D. P., Owen R., Galloway T. S. Biomarkers and integrated environmental risk assessment: are there more questions that answer? *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2006. Vol. 2. № 4. P. 312–329.
13. Mary S., Bhuvanewari D., Anandan R. Biochemical and histopathological studies on lead nitrate induced toxicity in fresh water fish grass carp (*Ctenopharyngodon Idella*). *European Journal of Experimental Biology*. 2015. Vol. 5. P. 24–30.
14. Mary S. C., Bhuvanewari D., Anandan R. Biochemical and histopathological studies on lead nitrate induced toxicity in fresh water fish grass carp (*Ctenopharyngodon Idella*). *European Journal of Experimental Biology*. 2015. Vol. 5. P. 24–30.
15. Mohamed Fatma A. Histopathological Studies on Tilapia zillii and Solea vulgaris from Lake Qarum, Egypt. *World journal of Fish and Marine Sciences*. 2009. 1 (1). P. 29–39.
16. Obayemi O. E. Histopathological changes in the gills, fillet and liver of Parachanna obscura in an Abandoned Gold Mine reservoir of Igun and Opa reservoir. *American Journal of Biology and Life Sciences*. 2019. 7 (1). P. 1–8.
17. Ortiz Juan B., Gonzalez de Canales M. Luiza, Sarasquete C. Histopathological changes induced by lindane (γ -HCH) in various organs of fishes. *Scientia Marina*. 2003. Vol. 67. № 1. P. 53–61.
18. Sehar A., Shafaqat A., Uzma S., Mujahid F., Saima A., Fakhir H., Rehan A. Effect of different heavy metal pollution on fish. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*. 2014. Vol. 21. P. 74–79.

V. O Kurchenko, T. S Sharamok, O. M. Marenkov
Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine

THE HISTOLOGICAL STRUCTURE OF GILLS AND KIDNEYS OF THE PRUSSIAN CARP FROM ZAPORIZHIAN (DNIPRO) RESERVOIR

In this article the histological structure of gills and kidneys of the Prussian carp is considered and researched. The research was conducted in the waters of the Zaporizhian (Dnipro) reservoir, namely in the Samara Bay and the lower part of the reservoir (near the village of Viiskove) during 2017–2019. Previous studies have revealed the excess of maximum permissible concentrations of heavy metals in the water of the Samara Bay compared to the lower part of the Zaporozhian reservoir. High levels of nickel and cadmium were observed in the Samara Bay. Statistically significant differences were found between the content of copper, zinc, nickel, lead and cadmium in the two areas of the reservoir ($p < 0.05$). Fish kidneys and gills for histological examination were obtained from fresh fish by anatomical dissection. Histological examinations were performed using generally accepted methods.

Histological examination revealed histological changes in the gills and kidneys, manifested in varying intensity. Examination of the Prussian carp gills revealed necrosis in fish from both areas. Moreover, the largest percentage of this pathology occurred in the fall in fish from the Samara Bay. Epithelial hyperplasia was also found in the Prussian carp from the Samara Bay. In the Prussian carp from the lower part of the Zaporizhian Reservoir, the curvature of the lamellae and the thickening of the terminals of the respiratory lamellae were observed.

Histological examination of the kidneys demonstrated that the Prussian carp from the Samara Bay, the lumen of the distal convoluted tubule was absent or narrowed, there was swelling of the epithelium and necrosis. Also in fish from both sites there was a degeneration of renal tubules. Moreover, the largest percentage of manifestations occurred in females from the Samara Bay. In general, the most numerous pathology in the Prussian carp of the Samara Bay was the infiltration of blood cells into the kidney tissue. The above pathology was also less common in fish from the lower part. Cystic neoplasms were also found in fish from both sexes in the summer. The expressed variety of the revealed types of histologic disturbances, as a rule, testifies to the chronic negative effect of a complex of adverse environmental factors on an organism of fish.

The detected pathologies may indicate the negative impact of heavy metals, as previous researches have shown that the content of most heavy metals in the water of the Samara Bay exceeds the maximum allowable concentrations. Given the data obtained, the Prussian carp can be used as a bioindicator of the aquatic environment, and its organs as a biomarker of the body.

Keywords: kidneys, gills, histopathology, nephron, Prussian carp, fish, Zaporizhian (Dnipro) reservoir.

Надійшла 22.04.2021.

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ І ОБРОБКИ СЕНСОРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ

Проведено дослідження функціональних показників серцево-судинної і дихальної систем, сенсомоторних реакцій, динаміки аналізу таблиць Шульте. В усіх обстежених функціональні показники серцево-судинної і дихальної систем знаходяться в межах норми, однак в осіб із задовільним рівнем працездатності серця частота серцевих скорочень наближена до верхньої межі норми. Залежності між рівнем працездатності серця і ефективністю розподілу уваги не встановлено, однак показники об'єму оперативної зорової пам'яті, швидкості простої і диференційованої зорово-моторних реакцій, якості аналізу таблиць Шульте в осіб з вищим рівнем працездатності серця є кращими.

Ключові слова: функціональний стан організму, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, індекс Скібінського, сенсомоторні реакції.

Комплексне поняття функціонального стану організму охоплює показники роботи вісцеральних систем, ефективність нервово-гуморальної регуляції, якість роботи нервових центрів та адекватність пристосувальних реакцій, що в сумі визначають загальний стан здоров'я. На практиці відображенням функціонального стану організму є діяльність серцево-судинної і дихальної систем, реактивність і резистентність нервової системи, параметри яких є чутливими індикаторами адаптації [3, 11]. Особливої актуальності набуває напрям дослідження функціонального стану організму юнацького вікового періоду внаслідок істотних змін умов існування: гіподинамії, гіпокінезії, зростання інформаційного і стресового навантаження, порушення режиму дня і харчування [1, 2, 3, 4, 8, 14]. Інтенсивне використання гаджетів в усіх сферах життєдіяльності, збільшення навантаження на зорову сенсорну систему, зростання складності сенсомоторних завдань, виконання яких потребує ефективного розподілу уваги, зумовлює потребу аналізу особливостей обробки сенсорної інформації [4, 6, 12]. Метою роботи було дослідження функціональних показників серцево-судинної і дихальної систем, показників ефективності обробки зорової інформації і моторної реакції в осіб юнацького віку з різним рівнем функціональних резервів серця.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження є частиною комплексного аналізу психофізіологічного стану організму юнацького вікового періоду. У ході роботи обстежено 62 практично здорових особи юнацького віку жіночої статі. На основі показників індексу Руф'є були сформовані групи обстежених з різними рівнями функціональних резервів серця: 1-а група (індекс Руф'є добрий) і 2-а група (індекс Руф'є задовільний). З метою аналізу особливостей функціонального стану організму досліджували пальпаторним методом показники частоти серцевих скорочень (ЧСС), аускультативним методом М. С. Короткова артеріальний тиск (АТ) до і після навантаження; вимірювання життєвої ємності легень при дослідженні індексу Скібінського, проби Розенталя здійснювали за стандартною методикою методом спірометрії [5, 7, 9, 13]. З метою дослідження ефективності обробки сенсорної інформації вивчали показники швидкості зорово-моторної реакції (простої і диференційованої), а також кількість допущених помилок, проводили аналіз показників коректурної проби, вивчали об'єм оперативної зорової пам'яті (ООЗП),

досліджували динаміку працездатності за таблицями Шульте, об'єм і розподіл уваги за допомогою комплексної діагностичної комп'ютерної програми «Фізіолог» [10]. Статистичну обробку отриманого цифрового матеріалу здійснювали з використанням статистичного пакета STATISTICA 6.1.

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз функціональних показників серцево-судинної системи і системи дихання показав наступне. У стані спокою в осіб 1-ої групи ЧСС склала $81,2 \pm 8,14$ уд./хв, показник артеріального тиску систолічного – $115,2 \pm 4,8$ мм рт. ст., діастолічного – $77,6 \pm 4,33$ мм рт. ст. В обстежених 2-ої групи показник ЧСС був вищим – $86,0 \pm 10,49$ уд./хв, значення артеріального систолічного тиску в стані спокою становило $114,0 \pm 5,48$ мм рт. ст., а діастолічного – $69,0 \pm 7,42$ мм рт. ст. ($p < 0,05$). Отримані дані свідчать про нормальний рівень ефективності роботи серцево-судинної системи.

У групі осіб із задовільним рівнем функціональних резервів серця спостерігали істотніше зростання ЧСС після навантаження – $134,2 \pm 18,87$ уд./хв порівняно з особами 1-ої групи, у яких цей показник становив $120,6 \pm 19,29$ уд./хв. Дослідження впливу фізичного навантаження на артеріальний тиск показало, що в осіб з добрим рівнем працездатності серця показник систолічного тиску збільшився на 18,0 % і становив $136 \pm 7,43$ мм рт.ст., а діастолічного зменшився на 13,66 % і склав – $67,00 \pm 4,97$ мм рт.ст. порівняно з показниками в стані спокою. У групі осіб із задовільним рівнем працездатності серця показник систолічного тиску склав $136,1 \pm 5,48$ мм рт.ст. (збільшився на 19,4 %), а діастолічного – $65 \pm 14,8$ мм рт.ст. (зменшився на 5,8 %) ($p < 0,05$). Отже, у стані спокою в осіб обох груп показники артеріального тиску відповідають нормі. Після фізичного навантаження спостерігали адаптаційну реакцію серцево-судинної системи нормотонічного типу у вигляді підвищення систолічного і зниження діастолічного тиску. В осіб 2-ої групи діастолічний тиск знизився значно менше, що можна розглядати як нижчий ступінь реактивності периферичних судин на фізичне навантаження.

Показник індексу Скібінського в осіб 1-ої групи становить $19,84 \pm 3,68$, а в обстежених 2-ої групи – $16,05 \pm 6,8$, що в обох випадках свідчить про задовільний рівень функціональної витривалості дихальної системи та адаптованості органів дихання. Слід відзначити, що показник ЖЄЛ в осіб 2-ої групи наближений до нижньої межі норми і становив $2,6 \pm 0,23$ л; меншим був і показник часу затримки дихання, що вплинуло на значення індексу Скібінського. Проба Розенталя показала зростання показника життєвої ємності легень протягом 5-и послідовних проб в обстежених обох груп. Така динаміка є позитивною і вказує на достатній рівень адаптаційних резервів органів дихання. Водночас, різниця між максимальним і мінімальним значенням ЖЄЛ під час виконання проби не була меншою 100 мл, що свідчить про відсутність осіб з високим рівнем тренуваності дихального апарату серед обстежених.

В осіб з добрим рівнем індексу Руф'є швидкість простої зорово-моторної реакції становить $0,35 \pm 0,06$ с, що на 11,4 % менше, ніж в обстежених із задовільним рівнем працездатності серця ($0,39 \pm 0,08$ с) (рисунок). Час виконання диференційованої зорово-моторної реакції в осіб 1-ої групи склав $0,47 \pm 0,11$ с, що на 10,6 % менше порівняно з показником 2-ої групи ($0,52 \pm 0,14$ с). Аналіз показників коректурної проби показав, що час виконання завдання в обстежених 1-ої групи – $168,25 \pm 8,49$ с, особи 2-ої групи витратили на завдання $173,42 \pm 15,28$ с.

Отже, швидкість простої і диференційованої сенсомоторних реакцій та коректурної проб в осіб 1-ої групи є вищою порівняно з обстеженими 2-ої групи, що вказує на достатній рівень пластичності нервових процесів та ефективності розвитку збудження. Крім цього, особи 2-ої групи допустили більшу кількість помилок – $1,18 \pm 0,1$, що можна розцінити як менший рівень якості обробки інформації.

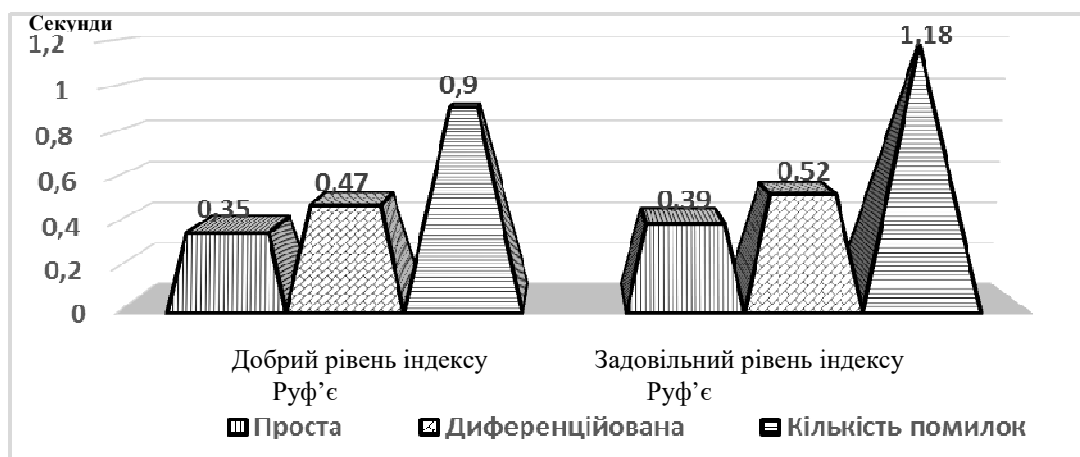


Рисунок. Показники швидкості простої і диференційованої зорово-моторної реакції в осіб юнацького віку з різним рівнем працездатності серця за індексом Руф'є.

Результати аналізу таблиць Шульте показали, що 48 % обстежених 1-ої групи мають середній коефіцієнт розподілу уваги і 52 % – задовільний коефіцієнт цього показника. Високий об'єм оперативної зорової пам'яті мали 65 % осіб 1-ої групи, а 35 % – середній ООЗП. Серед обстежених 2-ої групи високий коефіцієнт розподілу уваги показали 20 % осіб, ще 67 % мали середній, а 13 % – низький коефіцієнт розподілу уваги. Високий показник об'єму оперативної зорової пам'яті відзначено у 33 % осіб цієї групи, 60 % мали середній показник і 7 % – низький показник ООЗП.

Динаміка опрацювань таблиць Шульте відрізнялась в 1-ій і 2-ій групах. В осіб з добрим рівнем працездатності серця спостерігали зростання ефективності після звикання до умов завдання – з $36,8 \pm 1,79$ с до $31,9 \pm 1,88$ с, при роботі з третьою таблицею працездатність знижується, але відновлюється наприкінці під час аналізу п'ятої таблиці. В осіб із задовільним рівнем працездатності серця ефективність роботи зростала на початку тестування – з $48,0 \pm 2,46$ с до $42,0 \pm 1,67$ с ($p < 0,05$), після чого спостерігали стабілізацію показників. На завершення тестування рівень уваги знижується. Обстежені 1-ої групи на виконання завдання витратили $161,8 \pm 10,37$ с, а 2-а група – $218,4 \pm 12,4$ с ($p < 0,05$).

Висновки

Отримані результати показали, що досліджувані функціональні показники серцево-судинної, дихальної систем та сенсомоторних реакцій в осіб юнацького віку з різним рівнем функціональних резервів серця відповідають нормативним значенням. Водночас, звертає увагу відсутність осіб з високим рівнем працездатності серця серед обстежених юнацького віку. Рівень тренуваності дихального апарату в обох групах не перевищує задовільного рівня, в обстежених 2-ої групи показник життєвої ємності легень наближається до нижньої межі норми. Меншу напруженість в роботі серця і ефективніший перебіг сенсомоторних реакцій спостерігали в осіб з добрим рівнем індексу Руф'є. Результати дослідження вказують на необхідність формування в студентській молоді мотивації до здорового способу життя, зокрема, підтримання належного рівня працездатності серцево-судинної системи.

1. Бегош Н. Б., Бакалець О. В., Дзига С. В. та ін. Особливості змін зорових функцій під впливом роботи за комп'ютером. *Здобутки клінічної та експериментальної медицини*. 2014. № 12. С. 220.
2. Васкан І. Функціональний стан організму підлітків загальноосвітніх навчальних закладів. *Фізична культура, фізичне виховання різних груп населення: збірник наукових праць Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2013. № 2 (22). С. 67–70.
3. Волошин О. С., Гуменюк Г. Б. Оцінка стану соматичного здоров'я осіб юнацького віку з різним рівнем функціонального резерву серця. *Вісник наукових досліджень*. 2019. № 1. С. 28–33.
4. Волошин О. С., Чень І. Б., Волошин В. Д. Особливості уваги і оперативної зорової пам'яті в осіб з різним рівнем фізичної працездатності. *Вісник наукових досліджень*. 2014. № 4. С. 34–36.

5. Григус І. М., Прусик Кристоф, Прусик Катерина, Хагнер-Деренговська Магдалена. Методологічні основи фізичної реабілітації хворих на інтермітуючу бронхіальну астму. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2011. № 5. С. 12–28.
 6. Жорник О. Є., Заїка Є. В. Статевікові особливості розподілу і переключання уваги у сенсомоторних задачах різного рівня складності і змісту. Харків, 2011. URL: <http://ekhnuir.univer.kharkov.ua/handle/123456789/3696> (дата звернення: 26.01.2021).
 7. Зінченко В. Б., Білецька В. В., Ясько Л. В. Фізичне виховання. Методи самоконтролю фізичного стану: практикум. Київ : НАУ, 2015. 48 с.
 8. Лис Ю. С. Дослідження функціонального стану студентів у процесі навчання. *Актуальні питання навчання: збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. Харків. 2016. Вип. 3(48). С. 208–211.
 9. Організація наукової, навчально-дослідної та індивідуальної роботи з курсу «Вікова фізіологія та шкільна гігієна»: метод. посіб. / Грубінко В. В. та ін., Тернопіль, ТНПУ, 2014. 73 с.
 10. Психодіагностична комп'ютерна програма «Фізіолог»: пат. Україна. № 16330; опубл. 14. 04. 2006.
 11. Рибалко А. В., Кудій Л. І. Вплив сенсорних подразників на функціональний стан організму. *Вісник Черкаського університету. Серія «Біологічні науки»*. 2019. № 1. С. 76–84.
 12. Семків Т. Б. Вплив роботи за комп'ютером на оперативну пам'ять осіб юнацького віку. *Фізіологічний журнал*. 2010. Том 56. № 2. С. 79–80.
 13. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: навч. посіб. / Маліков М. В. та ін., Запоріжжя : ЗДУ, 2006. 227 с.
 14. Чернявська Л. І. Стан здоров'я студентів, проблеми та шляхи їх вирішення. *Медсестринство*. 2017. № 1. С. 24–27.
1. Behosh N. B., Bakalets O. V., Dzyha S. V. та in. Osoblyvosti zmin zorovykh funktsii pid vplyvom roboty za kompiuterom. *Zdobutky klinichnoi ta eksperymentalnoi medytsyny*. 2014. No 12. S. 220. [in Ukrainian]
 2. Vaskan I. Funktsionalnyi stan orhanizmu pidlitkiv zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv. *Fizychna kultura, fizyчне vykhovannia riznykh hrup naseleennia: zbirnyk naukovykh prats Skhidnoievropeyskoho natsionalnogo universytetu imeni Lesi Ukrainky*. 2013. No 2 (22). S. 67–70. [in Ukrainian]
 3. Voloshyn O. S., Humeniuk H. B. Otsinka stanu somatychnoho zdorovia osib iunatskoho viku z riznym rivnem funktsionalnogo rezervu sertsia. *Visnyk naukovykh doslidzhen*. 2019. No 1. S. 28–33. [in Ukrainian]
 4. Voloshyn O. S., Chen I. B., Voloshyn V. D. Osoblyvosti uvahy i operatyvnoi zorovoi pamiaty v osib z riznym rivnem fizychnoi pratsezdatsnosti. *Visnyk naukovykh doslidzhen*. 2014. No 4. S. 34–36. [in Ukrainian]
 5. Hryhus I. M., Prusik Krystof, Prusik Kateryna, Khahner-Derenhovska Mahdalena. Metodolohichni osnovy fizychnoi rehabilitatsii khvorykh na intermituiuchu bronkhialnu astmu. *Pedahohika, psykhohihiia ta medyko-biologichni problemy fizychnoho vykhovannia i sportu*. 2011. No 5. S. 12–28. [in Ukrainian]
 6. Zhornyk O. Ye., Zaika Ye. V. Statevovikovyi osoblyvosti rozpodilu i perekliuchannia uvahy u sensomotornykh zadachakh riznogo rivnia skladnosti i zmistu. Kharkiv, 2011. URL <http://ekhnuir.univer.kharkov.ua/handle/123456789/3696> (data zvernennia: 26.01.2021). [in Ukrainian]
 7. Zinchenko V. B., Biletska V. V., Yasko L. V. Fizyчне vykhovannia. Metody samokontroliu fizychnoho stanu: praktykum. Kyiv : NAU, 2015. 48 s. [in Ukrainian]
 8. Lys Yu. S. Doslidzhenntia funktsionalnogo stanu studentiv u protsesi navchannia. *Aktualni pytannia navchannia: zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho universytetu Povitrianykh Syl*. Kharkiv, 2016. Vypusk 3(48). S. 208–211. [in Ukrainian]
 9. Orhanizatsiia naukovoї, navchalno-doslidnoi ta indyvidualnoi roboty z kursu «Vikova fiziolohiia ta shkilna hihiiena»: metod. posib. / Hrubinko V. V. та in., Ternopil, TNPU. Ternopil : 2014. 73 s. [in Ukrainian]
 10. Psykhodiahnostychna kompiuterna prohrama «Fizioloł»: pat. Ukraina. No 16330; opubl. 14. 04. 2006. [in Ukrainian]
 11. Rybalko A. V., Kudii L. I. Vplyv sensorynykh podraznykiv na funktsionalnyy stan orhanizmu. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Seriiia «Biologichni nauky»*. 2019. No 1. S. 76–84. [in Ukrainian]
 12. Semkiv T. B. Vplyv roboty za kompiuterom na operatyvnu pamiat' osib iunatskoho viku. *Fiziolołhichni zhurnal*. 2010. Tom 56. No 2. S. 79–80. [in Ukrainian]
 13. Funktsionalna diahnostyka u fizychnomu vykhovanni i sporti: navch. posib. / Malikov M. V. та in. Zaporizhzhia: ZDU, 2006. 227 s. [in Ukrainian]
 14. Cherniavska L. I. Stan zdorovia studentiv, problemy ta shliakhy ikh vyrishennia. *Medsestrynstvo*. 2017. No 1. S. 24–27. [in Ukrainian]

O. S. Voloshyn, M. V. Hoviak, O. V. Popadiuk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

PECULIARITIES OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE ORGANISM AND PROCESSING OF THE SENSORY INFORMATION IN YOUNG PEOPLE

The aim of the work is to study the functional indicators of the cardiovascular and respiratory systems, indicators of the efficiency of processing of visual information and motor response in adolescents with different levels of functional reserves of the heart. We studied indicators of heart rate, blood pressure, Skibinsky index, Rosenthal's test, the speed of the visual-motor reaction (simple and differentiated), the number of errors made during the examination, the analysis of the indicators of the correction test, the volume of operational visual memory, the dynamics of the analysis of Schulte tables, the volume and distribution of attention.

The study demonstrated that the functional indicators of the cardiovascular system are within the permissible limits. However, the heart rate of individuals with a satisfactory level of heart efficiency tends to approach the upper physiological limit. Skibinsky's index corresponds to a satisfactory level for the females. This index indicates the average potential of the external respiration system and the correspondence of activity with the blood circulatory system.

For the analysis of Schulte tables, the individuals of the first group spent $161.8 \text{ s} \pm 10.37 \text{ s}$, which is significantly faster than the index of the second group. Studies have not shown a relationship between the level of heart performance and indicators of the distribution of attention. However, the indicators of the volume of operative visual memory in individuals of the first group are much better: 65 % of individuals have a high level (the same index in the second group is 20 %), the participants with a low level of operative visual memory are absent, in contrast to the second group. The speed of simple and differentiated sensorimotor reactions in individuals of the first group is higher than those in the second group by 11.4 % and 10.6 %, respectively. This indicates a sufficient level of plasticity of nervous processes and the efficiency of arousal development.

The performance indicators of the cardiovascular and respiratory systems, the speed of reactions of the nervous system of the examined, the efficiency of processing sensory information indicate the maturity of the functional systems of the body and are the physiological basis for the formation of an adequate functional state of the body. Individuals with a Ruffier index level above the average showed less tension in the work of the heart and an effective course of sensorimotor reactions, indicating a sufficient level of plasticity of nervous processes.

Keywords: functional state of the body, heart rate, blood pressure, Skibinsky index, sensorimotor reactions.

Надійшла 30.04.2021.

УДК: 611.819-018.1-02:616-001.17]-092

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.9

С. О. ЛИТВИНЮК, П. Г. ЛИХАЦЬКИЙ, І. Б. ПРИВРОЦЬКА, Н. Є. ЛІСНИЧУК

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

майд. Волі, 1, Тернопіль, 46001

e-mail: lytvyniuk@tdmu.edu.ua

УЛЬТРАСТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ НЕЙРО-ГЛІАЛЬНО-КАПЛЯРНИХ ВІДНОСИН САЗ ПОЛЯ ГПКАМПА ЧЕРЕЗ 21 ДОБУ ЗА УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ТРАВМИ

Тяжка термічна травма призводить до ряду морфофункціональних змін, які виникають при порушенні цілісності або втраті шкіри при глибоких опіках, опосередковано розвиваються значні структурно-метаболічні порушення в усіх органах та системах ураженого організму. Встановлено, що через 21 добу після нанесення експериментальної термічної травми в

O. S. Voloshyn, M. V. Hoviak, O. V. Popadiuk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

PECULIARITIES OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE ORGANISM AND PROCESSING OF THE SENSORY INFORMATION IN YOUNG PEOPLE

The aim of the work is to study the functional indicators of the cardiovascular and respiratory systems, indicators of the efficiency of processing of visual information and motor response in adolescents with different levels of functional reserves of the heart. We studied indicators of heart rate, blood pressure, Skibinsky index, Rosenthal's test, the speed of the visual-motor reaction (simple and differentiated), the number of errors made during the examination, the analysis of the indicators of the correction test, the volume of operational visual memory, the dynamics of the analysis of Schulte tables, the volume and distribution of attention.

The study demonstrated that the functional indicators of the cardiovascular system are within the permissible limits. However, the heart rate of individuals with a satisfactory level of heart efficiency tends to approach the upper physiological limit. Skibinsky's index corresponds to a satisfactory level for the females. This index indicates the average potential of the external respiration system and the correspondence of activity with the blood circulatory system.

For the analysis of Schulte tables, the individuals of the first group spent $161.8 \text{ s} \pm 10.37 \text{ s}$, which is significantly faster than the index of the second group. Studies have not shown a relationship between the level of heart performance and indicators of the distribution of attention. However, the indicators of the volume of operative visual memory in individuals of the first group are much better: 65 % of individuals have a high level (the same index in the second group is 20 %), the participants with a low level of operative visual memory are absent, in contrast to the second group. The speed of simple and differentiated sensorimotor reactions in individuals of the first group is higher than those in the second group by 11.4 % and 10.6 %, respectively. This indicates a sufficient level of plasticity of nervous processes and the efficiency of arousal development.

The performance indicators of the cardiovascular and respiratory systems, the speed of reactions of the nervous system of the examined, the efficiency of processing sensory information indicate the maturity of the functional systems of the body and are the physiological basis for the formation of an adequate functional state of the body. Individuals with a Rufier index level above the average showed less tension in the work of the heart and an effective course of sensorimotor reactions, indicating a sufficient level of plasticity of nervous processes.

Keywords: functional state of the body, heart rate, blood pressure, Skibinsky index, sensorimotor reactions.

Надійшла 30.04.2021.

УДК: 611.819-018.1-02:616-001.17]-092

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.9

С. О. ЛИТВИНЮК, П. Г. ЛИХАЦЬКИЙ, І. Б. ПРИВРОЦЬКА, Н. Є. ЛІСНИЧУК

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

майд. Волі, 1, Тернопіль, 46001

e-mail: lytvyniuk@tdmu.edu.ua

УЛЬТРАСТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ НЕЙРО-ГЛІАЛЬНО-КАПЛЯРНИХ ВІДНОСИН САЗ ПОЛЯ ГПЖКАМПА ЧЕРЕЗ 21 ДОБУ ЗА УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ТРАВМИ

Тяжка термічна травма призводить до ряду морфофункціональних змін, які виникають при порушенні цілісності або втраті шкіри при глибоких опіках, опосередковано розвиваються значні структурно-метаболичні порушення в усіх органах та системах ураженого організму. Встановлено, що через 21 добу після нанесення експериментальної термічної травми в

нейроцитах, клітинах глії та мікроциркуляторному руслі САЗ поля гіпокампа виникали значні альтеративні зміни, які розвиваються на фоні надмірної ендогенної інтоксикації.

Ключові слова: гіпокамп, поле САЗ, нейроцити, гемокапіляри, субмікроскопічні зміни, термічна травма.

Термічна травма одна із найпоширеніших видів травм, при якій первинно ушкоджується зовнішній покрив тіла, що виконує функцію захисту [3, 7, 8, 10]. Опосередковано виникають різні структурно-функціональні порушення всіх органів і систем організму, проте патогенез їх пошкоджень, динаміка змін, пристосувально-компенсаторні та деструктивні процеси до кінця ще не вивчені [4, 6, 9]. Це пов'язано із надмірним виділенням опікових токсинів, які утворюються в рані і транспортуються кров'ю по всьому організмі, у результаті розвивається ендогенна інтоксикація на фоні опікової травми шкіри.

Згідно з даними наукової літератури до цього часу дослідження морфофункціонального стану структурних компонентів гіпокампа – центрального органа лімбічної системи, що відповідає за забезпечення життєдіяльності організму та підтримку його гомеостазу, а також сприймає реакцію на стрес при термічній травмі, залишаються недостатньо вивченими [2, 5].

Тому метою роботи було вивчити субмікроскопічні зміни нейро-гліально-капілярних відносин САЗ поля гіпокампа через 21 добу після експериментальної термічної травми шкіри.

Матеріал і методи досліджень

Досліди проведено на 30 статевозрілих білих щурах-самцях. Тварин утримували в стандартних умовах віварію Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України на загальному харчовому раціоні. Догляд за тваринами та всі маніпуляції проводили із дотриманням правил «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986), а також у відповідності до положень «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

Опік III ступеня наносили під тіопентал натрієвим наркозом мідними пластинами, нагрітими у кип'яченій воді до температури 97-1000, на епільовану поверхню шкіри спини тварини. Розміри ураження складали 18-20 % поверхні тіла щурів. Піддослідних тварин декапітували на 21 добу, що відповідає стадії септикотоксемії опікової хвороби. Об'єктом дослідження був гіпокамп.

Забір матеріалу для електронномікроскопічних досліджень проводили відповідно до загальноприйнятої методики. Маленькі шматочки органу фіксували у розчині глутаральдегіду (2,5 %), приготовленого на основі фосфатного буферу із рН середовищем 7,2-7,4. Постфіксацію здійснювали у 1% розчині тетраоксиду осмію, після проводили його дегідратацію у пропіленоксиді та заливали в суміш епоксидних смол. Ультратонкі зрізи, виготовлені на ультрамікротомі LKB-3, контрастували ураніацетатом та цитратом свинцю відповідно до методу Рейнольдса і вивчали в електронному мікроскопі ПЕМ – 125 К [1].

Результати досліджень та їх обговорення

Проведені субмікроскопічні дослідження гіпокампа через 21 добу після нанесення експериментальної термічної травми встановили гетерогенні зміни нейроцитів, компонентів глії та мікроциркуляторного русла. У гіпохромних та різко гіперхромних нейронах гіпокампа відзначалися деструктивні зміни різного ступеня, що проявлялося зміненим ядерно-цитоплазматичним співвідношенням та значним пошкодженням ядра і органел нейроплазми. На мембранах розширених вакуолоподібних каналців ГЕС розташовані лише поодинокі рибосоми. Значно виражених змін зазнають й інші структури білоксинтезуючого апарату нейроцита – ядро, ядерце, комплекс Гольджі.

У «світлих» нейронах ядра мають електроннопрозору каріоплазму, ядерця в ній виявляються рідко, гетерохроматин розташований маргінально, каріолема не чітко контурована. Цитоплазма просвітлена, бідна на органели, частково гомогенна, у зв'язку із тотальним лізисом у ній трапляються поодинокі дезорганізовані видовженої форми зі світлим матриксом мітохондрії, наявні первинні і вторинні лізосоми (рис. 1).

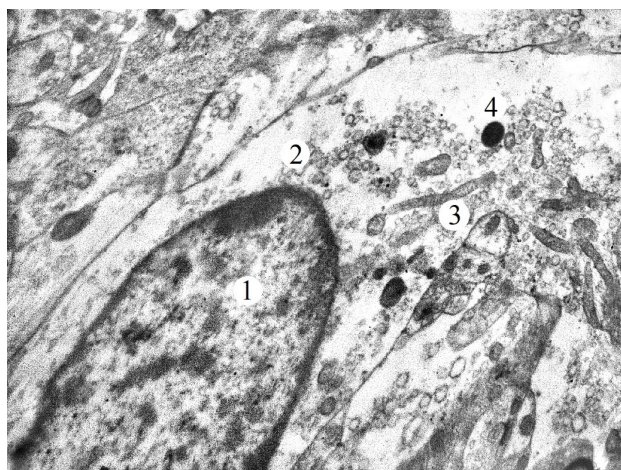


Рис. 1. Ультраструктурні зміни «світлого» нейрона поля СА3 гіпокампа через 21 добу після експериментальної термічної травми. Ядро (1), просвітлена, деструктивно змінена цитоплазма (2), мітохондрії (3), лізосоми (4). Збільшення: x 12 000.

Значні деструктивні зміни спостерігаються і в «темних» нейронах гіпокампа. У такому різновиді клітин наявна висока осміофілія нейроплазми і каріоплазми. Тіла таких нейронів зменшені, відростки тонкі, ядра пікнотично змінені. Нейроплазма насичена полісомами, каналця гранулярної ендоплазматичної сітки і цистерни комплексу Гольджі фрагментуються, округлої форми мітохондрії містять електроннопрозорий матрикс, майже позбавлені крист і нагадують великі вакуолі. Деякі мітохондрії знаходяться в стадії руйнування (рис. 2).

Значних змін зазнає астроцитарна глія гіпокампа. Деструктивні зміни проявляються появою великої кількості фагосом в цитоплазмі клітин як у тілах, так і у відростках. У електронно-прозорій каріоплазмі круглих та овальних ядер по периферії каріолеми розташований грудочками гетерохроматин (рис. 3). У цитоплазмі наявні мітохондрії із зміненою будовою, каналці гранулярної ендоплазматичної сітки нерівномірно потовщені. Найвний значний набряк цитоплазми астроцитарної ніжки. Астроцитарні гліюцити розташовуються групами, особливо біля гемокапілярів, які кровонаповнені (рис 4). Базальна мембрана чітко контурована, проте на деяких ділянках спостерігається її потовщення.

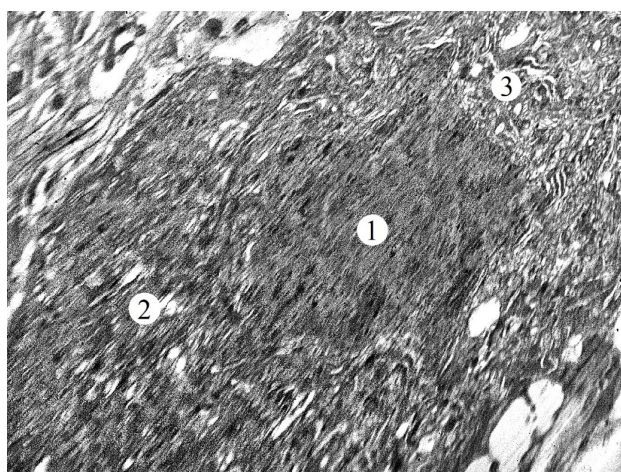


Рис. 2. Ультраструктурні зміни «темного» нейрона поля СА3 гіпокампа через 21 добу після експериментальної термічної травми. Різко осміофільне, неправильної форми ядро (1) і електроннощільна нейроплазма (2), каналці гранулярної ендоплазматичної сітки (3). Збільшення: x 12 000.

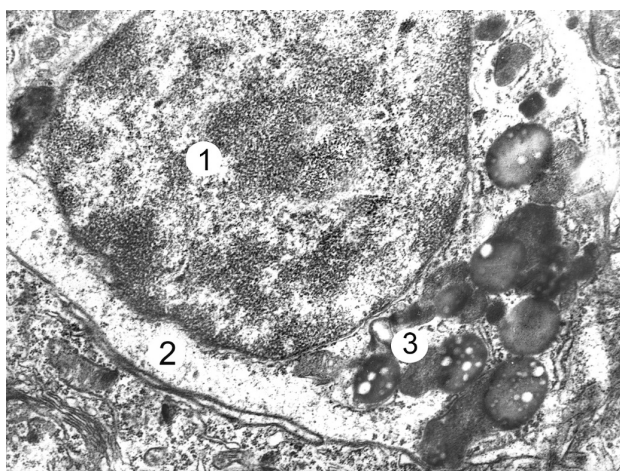


Рис. 3. Ультраструктура астроцита через 21 добу після експериментальної термічної травми. Ядро (1), змінені органели (2) у світлій аксоплазмі. Скупчення вторинних лізосом в цитоплазмі (3). Збільшення: x 15 000.

Субмікроскопічно в цей термін досліду встановлено ремоделювання компонентів гемокапілярів. У зв'язку із суттєвим периваскулярним набряком та набряком цитоплазми ендотеліоцитів просвіти кровоносних капілярів звужені (рис. 5). Виявлено значні пікнотичні зміни, порушення форми та ущільнення ядер більшості ендотеліоцитів. Каріоплазма характеризується переважанням гетерохроматину над еухроматином, що свідчить про зниження синтетичних процесів. Глибокі деструктивні зміни проявлялися у ендоплазматичній сітці, комплексі Гольджі та мітохондріях. Встановлено значне розширення каналців гранулярної ендоплазматичної сітки, неповну їх фрагментацію та часткове руйнування, на їх поверхні знаходяться поодинокі або повністю відсутні рибосоми. Деструктивно змінені мітохондрії стають округлими, їх матрикс просвітлений, спостерігається руйнування крист та порушення цілісності будови зовнішньої мембрани.

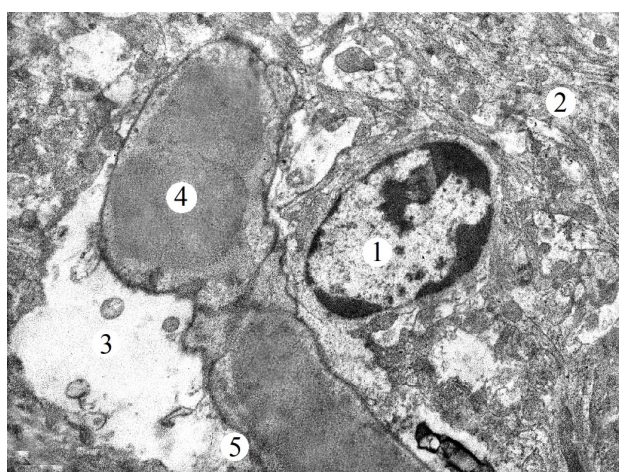


Рис. 4. Ультраструктурні зміни астроцита та гемокапіляра. Ядро астроцита (1), потовщені каналця гранулярної ендоплазматичної сітки (2), набряк цитоплазми (3), кровонаповнений просвіт капіляра (4), базальна мембрана (5). Збільшення: x 7 000.

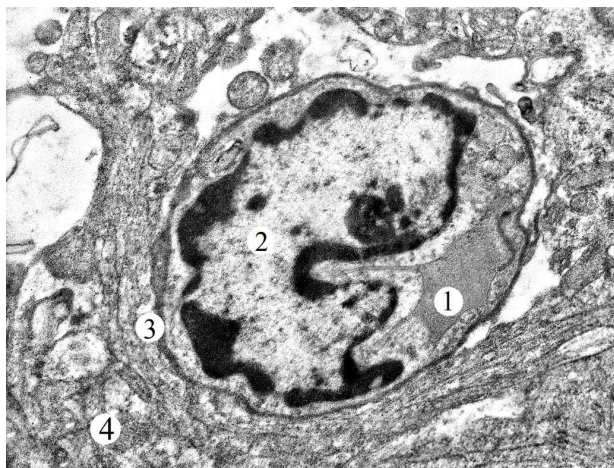


Рис. 5. Субмікроскопічний стан гемокапіляра гіпокампа на 21 добу після опікової травми. Вузький просвіт капіляра (1), змінене ядро ендотеліоцита (2), базальна мембрана (3), нейропіль (4). Збільшення: x 9 000.

Трансендотеліальний транспорт сповільнений у зв'язку із незначною кількістю кавеол та піноцитозних пухирців у складі набряклої цитоплазми ендотеліоцитів, а також відсутністю мікроворсинок на люменальній поверхні. Порушена електронна щільність базальної мембрани, на деяких ділянках вона стоншена або нерівномірно потовщена. Значно деструктивно змінені перичити, їх ядра пікнотичні, осміофільні, цитоплазма невелика за площею, але має електронноосвітлі ділянки. Спостерігається значний периваскулярний набряк за рахунок потовщення відростків астроцитів.

Висновки

Проведені субмікроскопічні дослідження через 21 добу після експериментальної термічної травми, яка чинить патогенний вплив на гіпокамп уражених тварин, виявили значні зміни ультраструктурної перебудови органу. Встановлено, що головні та допоміжні (астроцити) нейрони гіпокампа зазнали глибоких деструктивно-дегенеративних змін. Зафіксовано значне ремоделювання та пошкодження структурної організації стінки гемокапілярів органу, розвиток периваскулярного набряку, недостатність трансендотеліального обміну, що призводить до значного порушення нейро-гліально-капілярних відносин гіпокампа.

1. Горальський Л. П., Хомич В. Т., Кононський О. І. Основи гістологічної техніки і морфофункціональні методи досліджень у нормі та при патології. Житомир : Полісся, 2011. 288 с.
2. Коваленко Т. М., Осадченко І. О., Чайка Н. В., Скибо Г. Г. Вплив гіпоксичного прекодиціювання на чутливість нейронів зони СА1 гіпокампа при експериментальній ішемії мозку. *Український неврологічний журнал*. 2019;1:75–82. doi: <https://doi.org/10.30978/UNJ2019-1-75>.
3. Нетюхайло Л. Г., Харченко С. В., Костенко А. Г. Патогенез опікової хвороби (частина 1). *Світ медицини та біології*. 2011;1:127–31.
4. Нетюхайло Л. Г., Харченко С. В., Костенко А. Г. Патогенез опікової хвороби (частина 2). *Світ медицини та біології*. 2011;1:131–35.
5. Півнева Т. А., Скибо Г. Г., Коваленко Т. М., Осадченко І. А., Цупиков О. М. Структурні зміни в гіпокампі при експериментальній ішемії мозку. *Український неврологічний журнал*. 2006;1:86–91.
6. Черкасов В. Г., Василенко Д. А., Парахін А. А. Ультраструктурні зміни нейронів фронтальної кори щура під впливом інтоксикації метилтретбутиловим ефіром. *Нейрофізіологія*. 2010;42(6):471–481.
7. Greenhalgh D. G. Management of Burns. *New England Journal of Medicine*. 2019;380(24):2349–2359. doi:10.1056/nejmra1807442
8. Hicks K. E., Huynh MNQ, Jeschke M, Malic C. Dermal regenerative matrix use in burn patients: A systematic review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2019;72(11):1741–1751. doi:10.1016/j.bjps.2019.07.021
9. Nebesna Z. M., Volkov K. S., Bodnar P. Ya, Shuturma O. Ya, Kramar S. B. Submicroscopic changes of the respiratory alveolar macrophages at the late period after experimental thermal injury and in combined use of

- lyophilized xenograft substrate and surfactant. *World of Medicine and Biology*. 2018; 2(64):165–169. doi:10.26724/2079-8334-2018-2-64-165-169.
10. Zhang Q. H, Li J. C, Dong N, Tang L. M, Zhu X. M, Sheng Z. Y et al. Burn injury induces gelsolin expression and cleavage in the brain of mice, *Neuroscience*. 2013;3:60–72.

References

1. Horalskyi L. P, Khomych V. T, Kononskyi O. I. Osnovy histolohichnoi tekhniki i morfofunktsionalni metody doslidzhen u normi ta pry patolohii. Zhytomyr : Polissia. 2011. 288 s. [in Ukrainian]
2. Kovalenko T. M, Osadchenko I. O, Chaika N. V, Skybo H. H. Vplyv hipoksychnoho prekondytsiuvannia na chutlyvist neuroniv zony SA1 hipokampa pry eksperymentalnii ishemii mozku. *Ukrainskyi nevrolohichnyi zhurnal*. 2019;1:75–82. doi: 10.30978/UNJ2019-1-75 [in Ukrainian]
3. Netiukhailo L. H, Kharchenko S. V, Kostenko A. H. Patohenez opikovoï khvoroby (chastyna 1). *Svit medytsyny ta biolohii*. 2011;1:127–31. [in Ukrainian]
4. Netiukhailo L. H, Kharchenko S. V, Kostenko A. H. Patohenez opikovoï khvoroby (chastyna 2). *Svit medytsyny ta biolohii*. 2011;1:131–35. [in Ukrainian]
5. Pivneva T. A, Skybo H. H, Kovalenko T. M, Osadchenko I. A, Tsupykov O. M. Strukturni zminy v hipokampi pry eksperymentalnii ishemii mozku. *Ukrainskyi nevrolohichnyi zhurnal*. 2006;1:86–91. [in Ukrainian]
6. Cherkasov V. H, Vasylenko D. A, Parakhin A. A. Ultrastrukturni zminy neuroniv frontalnoi kory shchura pid vplyvom intoksykatsii metyltretbutylovym efirom. *Neirofiziolohiia*. 2010;42(6):471–481. [in Ukrainian]
7. Greenhalgh D. G. Management of Burns. *New England Journal of Medicine*, 2019; 380(24):2349–2359. doi:10.1056/nejmra1807442
8. Hicks K. E, Huynh MNQ, Jeschke M, Malic C. Dermal regenerative matrix use in burn patients: A systematic review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2019;72(11):1741–1751. doi:10.1016/j.bjps.2019.07.021
9. Nebesna Z M, Volkov K S, Bodnar P. Ya, Shuturma O. Ya, Kramar S. B. Submicroscopic changes of the respiratory alveolar macrophages at the late period after experimental thermal injury and in combined use of lyophilized xenograft substrate and surfactant. *World of Medicine and Biology*. 2018; 2(64):165–169. doi:10.26724/2079-8334-2018-2-64-165-169.
10. Zhang Q. H, Li J. C, Dong N, Tang L. M, Zhu X. M, Sheng Z. Y et al. Burn injury induces gelsolin expression and cleavage in the brain of mice, *Neuroscience*. 2013;3:60–72.

S. O Lytvyniuk, P. H Lykhatskyi, I. B Pryvrotska, N. Y Lisnychuk

I. Gorbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

ULTRASTRUCTURAL FEATURES OF NEURO-GLIAL-CAPILLARY RELATIONSHIPS OF THE HIPPOCAMPAL CA3 AREA ON THE 21st DAY AFTER EXPERIMENTAL THERMAL INJURY

Severe thermal injury leads to a number of morphofunctional changes that occur in violation of integrity or loss of skin in deep burns and endogenous intoxication on the background of which significant structural and metabolic disorders in all organs and systems of the affected organism are developed. This is manifested in a complicated symptom complex of burn disease. Changes in the central nervous system play an important role in the pathogenesis of burn injury, the nature and depth of morphofunctional changes in individual cerebral structures, in particular in the hippocampus (central organ of the limbic system, which is especially sensitive to various pathogens), after thermal lesions remain poorly studied.

The aim of our study was to establish the features of submicroscopic changes in the structural components of the hippocampus after 21 days under conditions of experimental thermal injury.

The experimental study was performed on white laboratory male rats. Third-degree burns were applied under thiopental-sodium anesthesia with copper plates heated in boiled water to a temperature of 97–100°C. The size of the affected area was 18–20% of the rats' body epilated surface. Histological changes were studied on the 21st day from the beginning of the experiment. For electron microscopy, the obtained ultrathin sections were contrasted with uranyl acetate and lead citrate according to the Reynolds method.

It was found that on the 21st day after the experimental thermal injury significant alternative changes in neurons, glial cells and the microcirculatory tract of the hippocampus were defined which

developed on the background of excessive endogenous intoxication. Neurons are hypochromic and sharply hyperchromic, disorganized and have an altered shape; there are cell-free areas. Endoplasmic reticulum, Golgi complex, mitochondria are destructively changed. Degeneration of macroglial cells has been noticed. Their nuclei are high in electron density in which heterochromatin predominates. Destruction and lysis of organelles, lysosomes have also been found in the cytoplasm. These changes of astrocytic glia lead to impaired trophic function and the relation between astrocytes and blood capillaries. Hemocapillaries wall remodeling is manifested by the total edema, compaction of the basement membrane. The luminal surface of the plasmolemma of endothelial cells is homogeneous, indistinctly contoured. The cytoplasm of endothelial cells is swollen, enlightened, and poor in organelles; there is a small number of micropinocytic bubbles and vesicles.

Keywords: hippocampus, CA3 area, neurons, hemocapillaries, submicroscopic changes, thermal injury.

Надійшла 19.05.2021.

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 631.41 + 631.811 + 661.152 + 635.655

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.10

¹І. С. БРОЩАК, ²О. Б. КОНОНЧУК, ²С. В. ПИДА, ²А. І. ГЕРЦ, ²Н. В. ГЕРЦ

¹Тернопільська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»
вул. Микулинецька, 22, Тернопіль, 46006
e-mail: terno_rod@ukr.net

²Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: kononchuk@chem-bio.com.ua

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБРИВА ПЛАНТАФОЛ У ПОСІВАХ СОЇ ЗА НЕСТАЧІ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ

У статті наведено результати впливу позакореневого застосування добрива Плантафол 10.54.10 у дозі 3 кг/га, яке проводили двічі з інтервалом у 10 діб, на насінневу продуктивність сої культурної сорту Аннушка, що вирощували на чорноземі типовому важкосуглинковому агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Ґрунту властива близька до нейтральної реакція, підвищена сума увібраних основ, низька кількість легкогідролізованого Нітрогену, середня забезпеченість гумусом і рухомим Фосфором та дуже високий рівень обмінного Калію.

На основі встановлених властивостей ґрунту та особливостей мінерального живлення рослин сої і її здатності до симбіотичної азотфіксації, запропоновано застосовувати комплексне мінеральне добриво Плантафол із збільшеним вмістом Фосфору для забезпечення оптимальної кількості макро- і мікроелементів живлення з метою підвищення продуктивності культури.

Ключові слова: продуктивність, соя культурна, чорнозем типовий, родючість ґрунту, добриво Плантафол 10.54.10.

Ґрунтовий покрив України має загальну площу 54,54 млн га [21], з яких 38,9 млн га залучено до сільськогосподарського виробництва. Найбільшу площу сільськогосподарських угідь (60 %) займають чорноземи звичайні – 10,5 млн га, з яких 88,0 % становлять рілля і чорноземи типові – 5,8 млн га і 92,0 %, відповідно, а також чорноземи південні, опідзолені та ін. [23].

У Лісостепу України найбільш важливими ґрунтами для отримання рослинницької продукції є чорноземи типові. Проте їх багаторічне нераціональне використання привело до деградації та значного зниження родючості через втрати 21,9 % гумусу, зменшення мінерального Нітрогену на 34–40 %, розчинних фосфатів – на 39–40 %, обмінного Калію – на 22–24 % [29, 35] і цей процес загалом продовжується [30, 32].

Чорноземи типові Лісостепу характеризуються глибоким (до 120–150 см) добре гумусованим профілем із вмістом гумусу в орному шарі від 2,5–3,5 % на легких суглинках і до 5,5–6,0 % – на важких суглинках і легких глинах. За гранулометричним складом це переважно середньосуглинкові різновиди – 40 % площі, дещо менше поширені важкосуглинкові – 35 % та легкосуглинкові – 25 % [9, 29, 32].

Чорноземи типові, які сформувались на лесах важкого гранулометричного складу характеризуються найвищою серед ґрунтів Лісостепу ємністю поглинання – до 45 мг-екв/100 г.

Серед увібраних катіонів абсолютно домінує Кальцій. Реакція ґрунтового розчину нейтральна, гідролітична кислотність не перевищує 1–2 мг-екв/100 г [32].

Ґрунти Тернопільської області за сучасних умов господарювання втрачають свою родючість за окремими елементами живлення. Відбувається зменшення вмісту гумусу через недостатнє внесення органічних добрив, недотримання сівозмін із малими площами багаторічних трав, інтенсивну мінералізацію, ерозійні процеси, фізичне винесення тощо. 132,1 тис. га (32,23 %) ґрунтів області кислі. У переважній більшості ґрунти регіону мають низьку і середню забезпеченість легкогідролізованим Нітрогеном і рухомим Сульфуром, середню і підвищену – рухомим Фосфором, підвищену і високу кількість обмінного Калію тощо. Середньозважений еколого-агрохімічний бал паспортизованих земель області становить 58 [34].

Зниження запасів органічної речовини і мінеральних елементів у ґрунті веде до погіршення живлення сільськогосподарських культур та зниження їх продуктивності. Особливо гостро стоїть проблема дефіциту основних елементів живлення (НРК), який в Україні становить 50 кг д. р./га, що зумовлено, перш за все, низьким рівнем внесення фосфорних добрив [2, 5, 6].

Хибним підходом для вирішення проблеми підвищення урожаю культур може бути застосування високих доз добрив. Доведено, що необхідна оптимізація всіх властивостей ґрунту і процесів, які б забезпечували його високу родючість. Дози ж мінеральних добрив у комплексі із наявними у ґрунті мінеральними елементами повинні забезпечувати збалансоване живлення рослин та враховувати екологічні принципи їх застосування [7].

Другою складовою успішного росту рослин є кореневе живлення, яке залежить від їх біологічних особливостей, забезпеченості продуктами фотосинтезу, розвитку кореневої системи, властивостей ґрунту тощо [5, 6, 44].

До прикладу, провідна білково-олійна культура – соя потребує для формування 1 т зерна та відповідної маси соломи, за даними різних авторів, залежно від системи удобрення, зокрема на чорноземі опідзоленому, у середньому 56,4 кг N, 23,7 кг P₂O₅ і 24,0 кг K₂O, тобто у співвідношенні 1:0,4:0,4 [7], 1 т зерна – 65–75 кг N, 13–17 кг P₂O₅, 18–22 кг K₂O [37].

Засвоєння елементів живлення соєю впродовж вегетації відбувається нерівномірно. Від сходів до початку цвітіння рослини засвоюють лише 18 % Нітрогену, 15 % Фосфору і 25 % Калію, а від появи суцвіть і до стадії розвитку плодів і насіння – 80, 80 і 50 %, відповідно [37].

Крім макроелементів, для сої важливі і мікроелементи, у першу чергу Бор, Молібден і Кобальт [37], які необхідні для успішного засвоєння Нітрогену з повітря, підтримання високих темпів росту, обмінних процесів, фотосинтезу, формування генеративних органів тощо [2, 5, 44].

Найкращими для вирощування сої є родючі ґрунти із нейтральною реакцією (рН 6,5–7,0) та високим вмістом органічних речовин – чорноземи, темно-сірі і каштанові типи. Непридатними для культури вважаються солонуваті важкі, дуже легкі, кислі і заболочені ґрунти. Ріст сої пригнічується вже за слабо кислої реакції ґрунтового розчину – рН < 5,5 [37].

У сучасному сільському господарстві для усунення дефіциту елементів мінерального живлення рослин у ґрунті застосовують позакореневе підживлення, яке здатне швидко компенсувати обмежене надходження речовин з ґрунту. Доведено, що використання комплексних добрив на посівах сої у різних ґрунтово-кліматичних умовах забезпечує не лише зростання урожаю культури, а і його якості [3].

Однак, ефективність такого застосування добрив залежить від багатьох факторів, зокрема наявності критичної потреби в елементі живлення у певну стадію росту рослини, доступності мінерального елемента у ґрунті, погодних умов, властивостей самого добрива тощо [5, 20, 24, 38, 41].

Відповідно, метою роботи було дослідити ефективність позакореневого підживлення сої добривом Плантафол 10.54.10 за показниками продуктивності під час вирощування на чорноземі типовому із нестачею важливих для культури елементів живлення.

Матеріал і методи досліджень

Мікропольові дослідження проводили у 2018–2020 рр. на території агробіологічної лабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка на важкосуглинистому чорноземі типовому на лесі (координати Google: 49.542090 N, 25.568485 E) [22].

Відбирання ґрунту для агрохімічного дослідження здійснювали із польової сівозміни агробіолабораторії за ДСТУ 4287:2004 з наступною підготовкою середньої проби за ДСТУ ISO 11464:2007. Агрохімічні дослідження ґрунту проводили в Тернопільській філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Тернопіль): кислотність обмінна [18] і гідролітична [16], сума ввібраних основ [8], вміст гумусу оксидиметричним методом [14], легкогідролізований Нітроген методом Корнфілда [17], рухомий Фосфор і обмінний Калій методом Чирикова [12]. Оцінку одержаних даних агрохімічного дослідження ґрунту здійснювали відповідно ДСТУ 4362:2004.

Сою культурну вирощували за загальноприйнятою для Лісостепу України технологією [37]: висівали після кукурудзи на зерно у першу декаду травня широкорядним способом із нормою висіву 0,7 млн/га. Система обробітку ґрунту була мінімальна – осіннє і ранньовесняне фрезерування та передпосівна культивация на глибину 2–3 см. Під культуру не застосовували ґрунтового внесення мінеральних добрив та хімічного захисту від хвороб і шкідників. У боротьбі з бур'янами посіви сої у стадію «розгортання трипелюсткового листка на 2-му і 3-му вузлі» (ВВСН 12-13) [42] обприскували гербіцидом Містраль.

Під час вегетації сою культурну двічі у фенологічній стадії росту «поява суцвіття – початок цвітіння» (ВВСН 51–61) [42] з інтервалом 10 діб обприскували 1 % розчином добрива Плантафол 10.54.10 з розрахунку витрати 300 л/га (3 кг/га) [41] за допомогою ранцевого мотообприскувача. Рослини контрольного варіанту зволожували водою. Розміщення варіантів дослідів послідовне із 4-разовим повторенням [25].

Матеріалом дослідження була соя культурна (*Glycine max* Moench.) сорту Аннушка, що належить до скоростиглих сортів, має зерновий напрямок використання та середньоолійну якість зерна. Сорт в Україні визнаний придатним до поширення у всіх ґрунтово-кліматичних зонах із 2007 р. Заявником сорту є приватне підприємство «Наукова селекційно-насінницька фірма «Соевий вік»» (м. Кропивницький) [11, 39].

Для позакореневого підживлення використовували мінеральне добриво Плантафол 10.54.10 (Plantafol 10.54.10), що містить Нітрогену – 10 % (амідна форма – 2 %, аміачна – 8 %), Фосфору – 54 %, Калію – 10 %, а також мікроелементи у хелатній формі ЕДТА (EDTA) – Бор 0,02 %, Ферум – 0,07 %, Манган – 0,03 %, Цинк – 0,01 %, Купрум – 0,005 % [41].

Заявником добрив групи Плантафолів в Україні є ТОВ «АгріСол», а виробником – італійська фірма Валагро (Valagro SpA), яка випускає кілька видів Плантафолів із різним хімічним складом (N – 0–30,0 %, P₂O₅ – 10–54,0 %, K₂O – 10,0–50,0 % та мікроелементи B, Fe, Mn, Zn, Cu). Добрива пропонуються для позакореневого підживлення зернових, зернобобових, технічних, овочевих, плодово-ягідних культур, винограду і квіток закритого ґрунту у дозі 0,75–3,0 кг/га, два-чотириразово з інтервалом 1–2 тижні [10].

Визначення величини й елементів структури урожаю сої здійснювали після повного відмирання надземної частини рослин у стадію старіння (ВВСН 97-99) методом пробних майданчиків [25].

Повторення біологічних досліджень 4 разове, аналітичних – до 100. Статистичне опрацювання даних проводили за допомогою програми *Microsoft Excel*[®].

Результати досліджень та їх обговорення

Агрохімічне дослідження чорнозему типового (за номенклатурою ФАО чорноземи хаплік (Chernozems haplic) [36]) виявило близьку до *нейтральної* реакцію ґрунтового розчину, підвищену суму ввібраних основ, середню забезпеченість гумусом і Фосфором, низький вміст легкогідролізованого Нітрогену і *дуже високий вміст обмінного Калію* (табл. 1).

Обмінна і гідролітична кислотності досліджуваного чорнозему типового були близькі до нейтральної [15] (табл. 1), що у цілому є оптимальним для вирощування більшості сільськогосподарських культур [5, 6].

Реакція ґрунтового розчину є важливим агрохімічним показником, який впливає на засвоєння рослинами мінеральних поживних речовин, визначає ефективність симбіотичної азотфіксації у бобових культур та життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, впливає на стійкість рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища і патогенів тощо та в цілому визначає продуктивність сільськогосподарських культур [9, 28, 29, 44].

Вапнування кислих ґрунтів сприяє формуванню бульбочок і підвищує азотфіксацію, що на 80 % пов'язано саме із нейтралізацією середовища і на 20 % із впливом Кальцію [28].

Встановлена величина обмінної кислотності (рН 5,6) знаходиться на межі оптимальної величини для симбіотичної азотфіксації більшості бобових культур (рН 5,7–7,5) [28].

Ступінь кислотності, лужності та нейтральності ґрунтів тісно пов'язаний з їх насиченістю основами. Насичені основами ґрунти не мають у складі поглинального комплексу обмінних катіонів H^+ та Al^{3+} . Основи у ґрунті також визначають фракційний склад гумусу, складники якого – гумінові і фульвокислоти – не можуть перебувати в кислотній формі і насичуються основами, які утворюються під час мінералізації органічних решток та вивітрювання первинних мінералів [9].

Визначення суми увібраних основ у досліджуваному чорноземі типовому виявило її підвищений рівень – 19,0 мг-екв./100 г (табл. 1), який може вказувати на значне насичення ґрунту гідроксидами Ca, Mg та ін. елементів, що підвищують буферність ґрунту проти підкислення [9, 29].

Визначення обмінної кислотності розчином KCl у насичених основами ґрунтах є некоректним [9], і тому додатково досліджують гідролітичний показник рівня Гідрогену з використанням CH_3COONa .

Розрахунок ступеня насичення основами (СНО) досліджуваного ґрунту за визначеною гідролітичною кислотністю і сумою увібраних основ вказав на його підвищений показник – 89,8 % [9].

Зазначені близька до нейтральної реакція ґрунтового розчину та підвищений рівень СНО вказують на середню потребу ґрунту у вапнуванні з врахуванням вирощування культур та особливостей системи удобрення [5] і є характерними показниками для чорноземів Лісостепу України, що залучені у сільськогосподарське використання [1, 9, 29].

Незважаючи на застосування мінеральних добрив у сучасному сільському господарстві, гумусові речовини ґрунтів здебільшого продовжують залишатися важливим джерелом Нітрогену, Фосфору, Сульфуру для живлення рослин та мікроорганізмів [9]. Так, у гумусових горизонтах ґрунтів більше 90 % усього Нітрогену, 80 % Сульфуру, 60 % Фосфору, а також значна частина Калію і мікроелементів перебуває у формі органічних речовин і стають доступними для рослин лише після їх мінералізації [29].

Досліджуваний ґрунт містив 2,63 % гумусу (табл. 1), що відповідає сучасним середнім показникам та вказує на належність досліджуваного ґрунту до слабогумусованої класифікаційної групи [15, 43].

Невисокий вміст гумусу і його роль як містилиця багатьох мінеральних елементів живлення рослин і мікроорганізмів [9, 29] багато в чому вплинули на низький рівень у досліджуваному ґрунті легкогідролізованих сполук Нітрогену – 102 мг/кг та середнє забезпечення рухомим Фосфором – 71 мг/кг (табл. 1).

Рослини для успішного росту постійно потребують доступних форм Нітрогену, який серед елементів живлення характеризується високою рухливістю і великою швидкістю метаболізації. Більша частина запасів елементу у ґрунті не доступна для рослин, так як входить до складу органічної речовини, переважно гумусу і рослинних залишків, які для його вивільнення повинні мінералізуватися. Необхідно також зазначити, що не весь Нітроген ґрунту і добрив, що перебуває в доступній для рослин формі, використовується ними повністю [2, 5, 6].

Важливу роль в оптимізації азотного живлення сільськогосподарських культур відіграє симбіотична азотфіксація бобовими, яка забезпечує не тільки власні потреби рослин в елементі, а й залишає до 30 % сполук Нітрогену в ґрунті для інших культур. Зокрема, загальний потенціал біологічної азотфіксації соєю становить до 50–90 кг/га за рік, з яких 10–20 кг/га залишається у ґрунті, що еквівалентно нормі азотних добрив 25–35 кг/га [2].

У досліджуваному ґрунті за багато років застосування передпосівної інокуляції сої різними штамми бульбочкових бактерій наявний великий титр ризобій, який забезпечує високу спонтанну симбіотичну азотфіксацію [27].

Засвоєння Нітрогену соєю за рахунок симбіозу може складати до 50 %, що еквівалентно 106,2 кг/га легкогідролізованого елементу під час формування урожаю зерна у 25 ц/га [2].

Дослідження рухомих сполук Фосфору за Чириковим у ґрунті польової сівозміни агробіолабораторії показало його вміст 71 мг/кг, що є середнім показником (51–100 мг/кг) [15].

Зазначений невисокий вміст Фосфору можна пов'язати із тим, що у карбонатних типах ґрунтів, яким є досліджуваний чорнозем типовий, аніон HPO_4^- зв'язується катіонами Ca^{2+} . Крім того, відомо, що максимальне засвоєння фосфору рослинами відбувається за рН 6,5, знижуючись як в кислому, так і в лужному середовищі [9].

Фосфор для сої відіграє важливу роль у формуванні репродуктивних органів, а за його нестачі гальмується клітинний поділ і ріст рослин, формуються дрібні квітки та листки. Найчутливіші до нестачі Фосфору рослини на початкових етапах росту, коли коренева система ще слаборозвинена, тому у зазначений період високоефективним є застосування позакореневого підживлення цим елементом [6, 44].

Кількісне визначення обмінного Калію у досліджуваному ґрунті встановило дуже високий його рівень (табл. 1) [15].

Таблиця 1

Агрохімічні показники ґрунту агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

Агрохімічний показник	Результат аналізу	Забезпеченість
кислотність: обмінна рН сол.	5,6	бл. до нейтральної
гідролітична, мг-екв./100 г	2,16	бл. до нейтральної
сума ввібраних основ, мг-екв./100 г	19,0	підвищена
вміст в орному шарі гумусу, %	2,63	середня
легкогідролізований Нітроген, мг/кг	102,0	низька
рухомий Фосфор, мг/кг	71,0	середня
обмінний Калій, мг/кг	189,0	дуже висока

Калій покращує якість урожаю, опірність рослин до грибних і бактеріальних хвороб. Максимальне поглинання елементу живлення відбувається в період інтенсивного наростання вегетативної маси рослин, формуванні бобів і наливу зерна [6, 37, 44].

Висока концентрація у ґрунтовому розчині Калію може інгібувати забезпечення сої Кальцієм, адже катіони K^+ є антагоністами до йонів Ca^{2+} у ґрунті [9].

У цілому, соя до початку цвітіння засвоює Калію у 1,5 та 1,8 рази більше порівняно з кількістю Нітрогену та Фосфору. Проте найбільше Калію для рослин сої необхідно у стадію формування плодів і наливу насіння [37].

Отже, агрохімічне дослідження основних показників родючості чорнозему типового агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка показало близьку до нейтральної реакцію, підвищену суму увібраних основ, які складають високу ступінь насиченості основами, а також низьку кількість легкогідролізованого Нітрогену, середню забезпеченість гумусом і рухомим Фосфором та дуже високий рівень обмінного Калію.

Враховуючи особливості біології сої культурної щодо ґрунтів, а також її здатність до ефективної симбіотичної азотфіксації на досліджуваній території і важливість впливу на

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

формування урожаю Фосфору, доцільно забезпечити культуру в критичний період її росту, у першу чергу, цим елементом.

Із групи комплексних добрив, які виробляються італійською фірмою Валагро, було відібрано для позакореневого підживлення сої Плантафол 10.54.10 у якому міститься 54 % P₂O₅ і по 10 % N і K₂O [41].

Підживлення сої сорту Аннушка добривом Плантафол 10.54.10 позитивно вплинуло на її насінневу продуктивність протягом досліджуваного періоду (табл. 2).

У 2018 р. під впливом комплексного мінерального добрива соя підвищувала урожай насіння на 17,3 % до контролю, у 2019 р. – на 18,5 % і 2020 р. – 11,1 %. Приріст урожаю за дії Плантафолу 10.54.10 у середньому за досліджувані роки склав 0,34 т/га або 15,5 % (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив добрива Плантафол 10.54.10 на урожай зерна сої культурної сорту Аннушка

Варіант	Урожайність, т/га			Середнє, т/га	Приріст	
	2018	2019	2020		т/га	%
контроль	2,84	1,57	2,17	2,19		
дослід	3,33*	1,86*	2,41*	2,53	+0,34	+15,5

Примітка: * – P < 0,05

Зростання урожаю сої під впливом комплексного добрива Плантафол 10.54.10 відповідає даним багаторічних польових досліджень із вивчення позакорневих підживлень мікродобривами зернових культур і сої зокрема, які підвищують врожай на 15,0–18,0 % [3, 40].

Аналіз елементів продуктивності показав, що збільшення урожаю насіння сої сорту Аннушка в місцевих ґрунтово-кліматичних умовах за обробки Плантафолом 10.54.10 у досліджувані роки пов'язане із підвищенням деяких із них (табл. 3).

У 2018 р. зростання урожаю відбувалось за рахунок формування на 15,0 % вищого біологічного урожаю надземної маси рослин із вищою на 8,0 % густиною стеблостою, на 6,4 % висотою кріплення бобів. За дії добрива відбувалось також підвищення загальної маси насіння на рослинах – на 10,2 % і його вагомості (маси 1000 насінин) – 7,9 % порівняно з контролем, що відповідає виявленими науковцями даним щодо високої чутливості останнього показника на екзогенні впливи [31]. Під впливом Плантафолу 10.54.10 проявлялась тенденція до збільшення на 5,7 % кількості бобів і на 2,1 % кількості насінин на рослинах (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив добрива Плантафол 10.54.10 на елементи продуктивності сої культурної сорту Аннушка

Показник	Роки дослідів					
	2018		2019		2020	
	контроль	дослід	контроль	дослід	контроль	дослід
біологічний урожай надземної маси, т/га	5,15	5,92*	3,22	3,97*	4,52	5,07*
густота рослин, тис. шт./га	507,4	548,1*	533,3	522,2	536,8	580,2*
висота рослин, см	75,1	75,2	61,6	67,6*	69,4	72,4
кількість бобів на 1 рослину, шт.	17,7	18,7	11,4	15,1*	16,6	17,9
довжина бобів, см	4,0	3,9	4,3	4,3	4,0	4,1
кількість насінин в 1 бобові, шт.	1,86	1,83	1,90	1,91	1,87	1,88
висота кріплення нижніх бобів, см	14,0	14,9*	16,2	16,6	14,7	15,9*
кількість насінин на 1 рослину, шт.	32,8	33,5	22,1	27,9*	29,2	30,9
маса насіння на 1 рослину, г	5,9	6,5*	3,1	4,0*	4,2	4,5*
маса 1000 насінин, г	180,6	194,9*	142,5	142,1	140,7	147,9

Примітка: * – P < 0,05

У 2019 р. позакореневе підживлення мінеральним добривом зумовлювало зростання урожаю насіння сої за рахунок формування на 23,3 % до контролю вищого біологічного урожаю надземної маси, на 9,7 % – висоти рослин, тенденції у 2,5 % – зростання висоти кріплення нижніх бобів та відсутністю значних змін у густоті стеблостою. Відбувалось також значне збільшення кількості бобів на одну рослину у 32,5 %, загальної кількості – на 26,2 % і маси насіння – на 29,0 % на рослинах порівняно з контролем (табл. 3).

2020 р. відзначився зростанням під впливом позакореневого підживлення біологічного урожаю надземної маси сої на 12,2 %, густоти рослин – на 8,1 %, висоти кріплення бобів – на 8,2 % та тенденцією до більшої на 4,3 % до контролю висотою рослин. Добриво Плантафол 10.54.10 підвищувало загальну масу насіння на одну рослину на 8,8 %, за рахунок стійкої тенденції до збільшення на 7,8 % кількості бобів, 5,8 % кількості насінин та 5,1 % маси 1000 насінин порівняно з контролем (табл. 3).

У середньому за три роки польових досліджень дворазове позакореневе підживлення добривом Плантафол 10.54.10 сої культурної сорту Аннушка підвищувало урожай зерна за рахунок зростання біологічного урожаю надземної маси рослин на 16,8 %, кількості бобів і насінин на рослинах – 15,3 % і 11,4 %, відповідно, маси насіння на одній рослині – 16,0 % (табл. 4).

Зростання надземної маси сої під впливом Плантафол 10.54.10 можна пояснити активізацією ростових процесів легкодоступною амідною формою нітрогену у добриві, сприянням Фосфору розвитку бульбочок, внаслідок чого покращується забезпечення рослин Нітрогеном, а також загальною оптимізацією мінерального живлення рослин [41]. Водночас позакореневе внесення Плантафолу обумовлює зростання фотосинтетичної активності асиміляційного апарату сої [4].

Збільшення кількості бобів, а відтак і кількості та маси насінин на рослинах, пов'язане із відомим стимулюючим впливом Фосфору на закладання генеративних органів сої [26, 37].

Не зважаючи на високий вміст Фосфору у Плантафолі 10.54.10, передозування елементом, яке може викликати передчасне старіння рослин, що розпочинається із пожовтіння і відмирання старого листя та передчасного переходу до формування урожаю [6, 38, 44], у дослідях не спостерігалось, що вказує на високу ефективність і безпечність добрива.

Вклад інших структурних елементів продуктивності сої у зростання урожаю зерна був менш значимим. Зокрема, підвищувалась висота на 4,7 % і густота рослин на 4,7 % у посіві, зростала на 4,2 % вагомість насіння, на 5,7 % до контролю – висота кріплення нижніх бобів (табл. 4), що має важливе технологічне значення під час збирання культури [37]. Підвищення густоти стеблостою пов'язане із відомою стимулюючою дією, зокрема Фосфору із досліджуваного добрива та підвищеної кількості Калію із ґрунту агробіолабораторії, на стійкість рослин до хвороб і шкідників, а відтак і значнішим виживанням рослин протягом вегетації [41].

Таблиця 4

Основні елементи продуктивності сої культурної сорту Аннушка за дії добрива Плантафол 10.54.10, % до контролю

Показник	2018	2019	2020	Середнє
біологічний урожай надземної маси	115,0	123,3	112,2	116,8
густина рослин	108,0	97,9	108,1	104,7
висота рослин	100,1	109,7	104,3	104,7
кількість бобів на 1 рослину	105,7	132,5	107,8	115,3
довжина бобів	97,5	100,0	102,5	100,0
кількість насінин в 1 бобові	98,4	100,0	100,5	99,6
висота кріплення нижніх бобів	106,4	102,5	108,2	105,7
кількість насінин на 1 рослину	102,1	126,2	105,8	111,4
маса насіння на 1 рослину	110,2	129,0	108,8	116,0
маса 1000 насінин	107,9	99,7	105,1	104,2

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

У досліді не виявлено значних змін довжини і озернення бобів, що узгоджується із даними щодо генетичної детермінованості зазначених вище ознак та кількісної постійності закладання насіння у плодах бобових [31] (табл. 4).

Необхідно зазначити, що ефективність дії позакореневого підживлення Плантафолом залежить від багатьох факторів, зокрема і погодних умов [41], чим і можна пояснити відмінності у реакції елементів структури урожаю на добриво у досліджувані роки, зокрема, за кількістю бобів і насіння на рослинах, масою 1000 насіння (табл. 4).

Таким чином, позакореневе підживлення комплексним мінеральним добривом Плантафол 10.54.10 сої культурної сорту Аннушка, що вирощувалась на місцевому чорноземі типовому, підвищує урожай насіння у середньому на 0,34 т/га або 15,5% переважно за рахунок формування вищого на 16,8% біологічного урожаю надземної маси, 15,3% – кількості бобів, 11,4% – загальної кількості насіння, 16,0% – маси насіння на рослинах, а також менш вираженого зростання інших показників.

Встановлене зростання на 0,34 т/га урожаю зерна сої за рахунок використання добрива Плантафол дозволяє на практиці досягти вищого прибутку від вирощування культури. Розрахунок економічної ефективності позакореневого підживлення на основі базових даних, зокрема закупівельної ціни на насіння сої врожаю 2020 р. станом на лютий 2021 р., яка становила 17,2 тис. грн/т [33], вартості добрива Плантафол 10.54.10 [41], витрат на дворазове обприскування полів, очищення і осушення насіння [33], перевезення, можна одержати прибуток у розмірі 4078 грн із одного гектара (табл. 5).

Витрати на вирощування сої можна зменшити на 400 грн за рахунок позакореневого внесення добрива Плантафол у баковій суміші із пестицидами [41].

Таблиця 5

Розрахунок економічної ефективності від позакореневого підживлення сої культурної добривом Плантафол 10.54.10

Складові витрат	Ціна за одиницю	Ціна за 0,34 т/га чи за 1 га
Витрати		
добриво Плантафол 10.54.10 (потреба 6 кг), грн/кг	190	1140
очищення, осушення (ТОВ СП «Нібулон»), грн/т	165	60
обприскування посіву (оренда оприскувача), грн/га	200	400
транспортування зерна (на 100 км), грн/т-км	5	170
Всього витрати		1770
Доходи		
ціна реалізації насіння сої (ТОВ СП «Нібулон», м. Кам'янець-Подільський, лютий 2021 р.), грн/т	17200	5848
Обсяг прибутку, грн		4078

Висновки

Агрохімічне дослідження чорнозему типового агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка показало його близьку до нейтральної реакцію, підвищену суму увібраних основ, які складають підвищений ступінь насичення основами, а також низьку кількість легкогідролізованого Нітрогену, середню забезпеченість гумусом і рухомим Фосфором та дуже високий рівень рухомого Калію.

Зазначений агрохімічний склад ґрунту з врахуванням особливостей мінерального живлення рослин сої та її здатності до високоефективної симбіотичної азотфіксації може бути причиною низького урожаю перш за все через зменшену доступність Фосфору, оптимальну кількість якого можна забезпечити позакореневим підживленням.

Дослідження показали, що дворазове за вегетацію застосування добрива Плантафол 10.54.10 у дозі 3 кг/га дозволяє підвищити урожай зерна сої культурної, що вирощується на чорноземі типовому із нестачею Нітрогену, середнім вмістом Фосфору і гумусу та дуже

високою кількістю Калію за рахунок стимулювання наростання надземної вегетативної маси рослин та вищої інтенсивності утворення на них генеративних органів.

Отримані дані дозволяють пропонувати позакореневе підживлення комплексним добривом Плантафол 10.54.10 як один із елементів системи удобрення сої культурної, що зменшує недоліки кореневого живлення рослин, підвищує продуктивність культури в місцевих ґрунтово-кліматичних умовах та забезпечує додатковий прибуток у розмірі 4078 грн/га.

1. Атлас почв Украинской ССР / Бреус Н. М и др.; под ред. Н. К. Крупского и Н. И. Полупана. Киев : Урожай, 1979. 160 с.
 2. Біологічний азот у системі землеробства / В. П. Патики та ін. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 12–20. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2015_2_4. (дата звернення 05.02.2021).
 3. Гадзовський Г. Л., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Урожай і якість зерна сої під впливом інокуляції та позакореневого підживлення. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 44–48. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.5>. (дата звернення 10.02.2021).
 4. Герц А. І., Конончук О. Б. Вплив позакореневого підживлення Плантафолом на деякі фізіологічні показники і продуктивність сої культурної (*Glycine max* Moench.). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. Тернопіль, 2019. № 1 (75). С. 121–128.
 5. Городній М. М. Агрохімія: підруч. Київ : Арістей, 2008. 936 с.
 6. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 406 с.
 7. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення соєю з ґрунту й добрив. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2020. Вип. 88. Харків: ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського». С. 63–70. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-07>. (дата звернення 25.01.2021).
 8. ГОСТ 27821-88 Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. [Срок действия с 1990-01-01]. Изд. офиц. Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. 7 с.
 9. Ґрунтознавство: підручник / Д. Г. Тихоненко та ін.; за ред. Д. Г. Тихоненка. Київ : Вища освіта, 2005. 703 с.
 10. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні за 2020 р. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://mepr.gov.ua/content/derzhavniy-reestr-pesticidiv-i-agrohikativ-dozvolenih-do-vikoristannya-v-ukraini-dopovnennya-z-01012017-zgidno-vimog-postanovi-kabinetu-ministriv-ukraini-vid-21112007--1328.html>. (дата звернення 15.01.2021).
 11. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік. *Український інститут експертизи сортів рослин*. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>. (дата звернення 12.01.2021).
 12. ДСТУ 4115:2002 Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2003-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2002. 12 с.
 13. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2005. 9 с.
 14. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.
 15. ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2006-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 36 с.
 16. ДСТУ 7537:2014 Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. [Чинний від 2015-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 10 с.
 17. ДСТУ 7863:2015 Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 9 с.
 18. ДСТУ ISO 10390:2001 Якість ґрунту. Визначання рН (ISO 10390:1994, IDT). [Чинний від 2003-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2003. 14 с.
 19. ДСТУ ISO 11464:2007 Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT). [Чинний від 2009-10-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 12 с.
 20. Дудка В. Позакореневе підживлення рослин. Хибні теорії та практичні помилки. *Агроном*. 2010. URL: <https://agronom.com.ua/pozakoreneve-pidzhyvlennya-hybni-teoriyi-ta-praktychni-pomylyky/>. (дата звернення 16.02.2021).
- 78 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2021, Т. 81, № 1–2

21. Канаш О. П., Лактіонова Т. М., Медведєв В. В. Ґрунти. *Національний атлас України*. URL: http://wdc.org.ua/atlas/4100200_d.html. (дата звернення 26.01.2021).
22. Картографічні дані Google. URL: <https://www.google.com.ua/maps/@49.542127,25.568067,127m/data=!3m1!1e3?hl=uk&authuser=0>. (дата звернення 26.01.2021).
23. Козаченко Л. П. В Україні налічується 24 млн га чорноземів – вчені. *SuperAgronom.com. Головний сайт для агрономів*. URL: <https://superagronom.com/news/2430-v-ukrayini-nalichuyetsya-24-mln-ga-chornozemiv--vcheni>. (дата звернення 27.01.2021).
24. Комплексні хелатовані добрива у посівах пшениці. Науково-методичні рекомендації / Богдан М. М та ін. Київ : ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ»», 2016. 32 с.
25. Конончук О. Б. Навчальна практика з основ сільського господарства: навч. посіб. 3-є вид., виправ., допов. Тернопіль : ФОП Осадца Ю. В., 2020. 136 с.
26. Конончук О. Б., Ісак Я. В., Паскевич О. Я. Вплив позакореневого підживлення добривом Плантафол на генеративні органи і продуктивність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) і сої культурної (*Glycine max* Moench.). *Наукові читання, присвячені 120-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним*: матер. наук. читань (м. Тернопіль, 6–8 лют. 2019 р.). Тернопіль : Вектор, 2019. С. 144–149.
27. Конончук О. Б., Пида С. В., Григорюк І. П. Вплив композиції добрив «Байкалу ЕМ-1 У» та «Ризобіофіт» на сою культурну (*Glycine max* (L.) Merr.). *Біоресурси і природокористування*. 2010. Т. 2, № 1–2. С. 12–21.
28. Коць С. Я., Патица В. П. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*: у 2 т. / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В. В. Моргун. Київ : Логос, 2009. Т. 1. С. 344–386.
29. Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство: підруч. Чернівці: Книги ХХІ, 2008. 400 с.
30. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України за результатами Х туру (2011–2015 рр.) / за ред. І. П. Яцука. Київ, 2018. 64 с. URL: <http://www.iogu.gov.ua/publikacii/stan-gruntiv/>. (дата звернення 27.01.2021).
31. Наукові основи ведення зернового господарства / В. Ф. Сайко та ін.; за ред. В. Ф. Сайка. Київ : Урожай, 1994. 336 с.
32. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / автор. склад: Присяжнюк М. В. та ін. Київ, 2010. 111 с. URL: http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf. (дата звернення 27.01.2021).
33. Нібулон. URL.: <https://nibulon.com/data/zakupivlya-silgospprodukcii/zakupivelni-cini.html#price>. (дата звернення 12.02.2021).
34. Орник Б. І., Бровко О. З., Федорчак Ю. Т. Втоплена земля, або сучасний стан родючості ґрунтів Тернопільщини. *Охорона ґрунтів : зб. наук. пр. ДУ «Держґрунтохорона»*. 2019. Спецвипуск. Моніторинг ґрунтів як невід’ємна частина моніторингу довкілля : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Київ, 23–25 лип. 2019 р.). С. 54–55.
35. Позняк С. П. Чорноземи України: географія, генеза і сучасний стан. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 9–13.
36. Польчина С. М., Нікорич В. А., Данчу О. А. Застосування сучасної системи класифікації ґрунтів ФАО/WRB до карти ґрунтового покриття Чернівецької області. *Ґрунтознавство*. 2004. Т. 5, № 1–2. С. 27–33.
37. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / Лихочвор В. В. та ін.; за ред. Лихочвора В. В., Петриченка В. Ф. 3-є вид., виправ., допов. Львів : НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
38. Санін Ю. В., Санін В. А. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Агрономія Сьогодні*. 2012. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/218-osoblyvosti-pozakorenevoho-pidzhyvlennia-silskohospodarskykh-kultur-mikroelementamy.html>. (дата звернення 12.02.2021).
39. Соевий Вік. URL: <http://www.soya-ua.biznes-pro.ua/product.php?id=30420>. (дата звернення 15.02.2021).
40. Тарасенко О. Листкове підживлення зернових мікроелементами. *Пропозиція*. 2017. URL: <https://propozitsiya.com.ua/listkove-pidzhyvlennya-mikroelementami-zernovih>. (дата звернення 12.02.2021).
41. AgriSol. URL: <https://agrisol.ua/>. (Last accessed: 12.02.2021).

42. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph / Edited by Uwe Meier; Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. 2 Edition. Berlin; Boston: Blackwell Wissenschafts-Verlag, 2001. 158 p.
43. Lisovskiy Andriy, Harbar Vladyslav. Humus conditions of the Pre-Dnisterian Podolia Haplic Chernozems. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*. 2017. 27 December. P. 204–213. DOI: 10.30970/vgg.2017.51.8859. (Last accessed: 10.01.2021).
44. Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. London, UK : Academic Press, 2012. 652 p. URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>. (Last accessed: 16.01.2021).

References

1. Atlas pochv Ukraynskoi SSR / Breus N. M y dr.; pod red. N. K. Krupskoho y N. Y. Polupana. Kyev : Urozhai, 1979. 160 s. [in Ukrainian]
2. Biologichniy azot u systemi zemlerobstva / V. P. Patyka ta in. *Zemlerobstvo*. 2015. Vyp. 2. S. 12–20. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2015_2_4. [in Ukrainian]
3. Hadzovskiy H. L., Novytska N. V., Martynov O. M. Urozhai i yakist zerna soi pid vplyvom inokuliatsii ta pozakorenevoho pidzhyvlennia. *Tavriiskiyi naukoviyi visnyk*. 2020. № 111. S. 44–48. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.5>. [in Ukrainian]
4. Herts A. I., Kononchuk O. B. Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia Plantafolom na deiaki fiziologichni pokaznyky i produktyvnist soi kulturnoi (*Glycine max* Moench.). *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Ser. Biologhiia*. Ternopil, 2019. № 1 (75). S. 121–128. [in Ukrainian]
5. Horodnii M. M. Ahrokhimiia: pidruch. Kyiv : Aristei, 2008. 936 s. [in Ukrainian]
6. Hospodarenko H. M. Ahrokhimiia: pidruchnyk. Kyiv : Ahrarna osvita, 2013. 406 s. [in Ukrainian]
7. Hospodarenko H. M., Prokopchuk I. V., Boiko V. P. Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia soieiu z gruntu y dobryv. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. Mizhvid. tem. nauk. zbirnyk. 2020. Vyp. 88. Kharkiv: NNTs «IHA im. O. N. Sokolovskoho». S. 63–70. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-07>. [in Ukrainian]
8. HOST 27821-88 Почвы. Определены суммы поглощенных оснований по методу Карпена. [Srok deistvyia s 1990-01-01]. Yzd. ofyts. Moskva : Hosudarstvennyi komitet SSSR po standartam, 1988. 7 s. [in Russian]
9. Gruntoznavstvo: pidruchnyk / D. H. Tykhonenko ta in.; za red. D. H. Tykhonenka. Kyiv : Vyscha osvita, 2005. 703 s. [in Ukrainian]
10. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini za 2020 r. *Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy*. URL: <https://mepr.gov.ua/content/derzhavnyi-reestr-pesticidiv-i-agrokhimikativ-dozvolenih-do-vikoristannya-v-ukraini-dopovnennya-z-01012017-zgidno-vimog-postanovi-kabinetu-ministriv-ukraini-vid-21112007--1328.html>. [in Ukrainian]
11. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2020 rik. *Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn*. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslyn>. [in Ukrainian]
12. DSTU 4115:2002 Grunty. Vyznachennia rukhomykh spoluk fosforu i kaliiu za modyfikovanim metodom Chyrykova. [Chynnyi vid 2003-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 2002. 12 s. [in Ukrainian]
13. DSTU 4287:2004 Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. [Chynnyi vid 2005-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 2005. 9 s. [in Ukrainian]
14. DSTU 4289:2004 Yakist gruntu. Metody vyznachennia orhanichnoi rehovyny. [Chynnyi vid 2005-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 18 s. [in Ukrainian]
15. DSTU 4362:2004 Yakist gruntu. Pokaznyky rodiuchosti gruntiv. [Chynnyi vid 2006-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 36 s. [in Ukrainian]
16. DSTU 7537:2014 Yakist gruntu. Vyznachennia hidrolitychnoi kyslotnosti. [Chynnyi vid 2015-04-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minekonomrozvytku Ukrainy, 2015. 10 s. [in Ukrainian]
17. DSTU 7863:2015 Yakist gruntu. Vyznachennia lekhohidroliznoho azotu metodom Kornfilda. [Chynnyi vid 2016-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2016. 9 s. [in Ukrainian]
18. DSTU ISO 10390:2001 Yakist gruntu. Vyznachennia rN (ISO 10390:1994, IDT). [Chynnyi vid 2003-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 2003. 14 s. [in Ukrainian]
19. DSTU ISO 11464:2007 Yakist gruntu. Poperednie obroblennia zrazkiv dlia fizyko-khimichnoho analizu (ISO 11464:2006, IDT). [Chynnyi vid 2009-10-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2007. 12 s. [in Ukrainian]
20. Dudka V. Pozakoreneve pidzhyvlennia roslyn. Khybni teorii ta praktychni pomylky. *Ahronom*. 2010. URL: <https://agronom.com.ua/pozakoreneve-pidzhyvlennya-hybni-teoriyi-ta-praktychni-pomylyky/>. [in Ukrainian]

21. Kanash O. P., Laktionova T. M., Medvediev V. V. Grunty. *Natsionalnyi atlas Ukrainy*. URL: http://wdc.org.ua/atlas/4100200_d.html. (data zvernennia 26.01.2021). [in Ukrainian]
22. Kartografichni dani Google. URL: <https://www.google.com.ua/maps/@49.542127,25.568067,127m/data=!3m1!1e3?hl=uk&authuser=0>. [in Ukrainian]
23. Kozachenko L. P. V Ukraini nalichuietsia 24 mln ha chornozemiv – vcheni. *SuperAgronom.com. Holovnyi sait dlia ahronomiv*. URL: <https://superagronom.com/news/2430-v-ukrayini-nalichuyetsya-24-mln-ga-chornozemiv--vcheni>. [in Ukrainian]
24. Kompleksni khelatovani dobryva u posivakh psheenytsi. Naukovo-metodychni rekomendatsii / Bohdan M. M ta in. Kyiv : TOV «TsP «KOMPRYNТ»», 2016. 32 s. [in Ukrainian]
25. Kononchuk O. B. Navchalna praktyka z osnov silskoho hospodarstva: navch. posib. 3-e vyd., vyprav., dopov. Ternopil : FOP Osadtsa Yu. V., 2020. 136 s. [in Ukrainian]
26. Kononchuk O. B., Isak Ya. V., Paskevych O. Ya. Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia dobryvom Plantafol na heneratyvni orhany i produktyvnist kvasoli zvychainoi (*Phaseolus vulgaris* L.) i soi kulturnoi (*Glycine max* Moench.). *Naukovi chytannia, prysviacheni 120-richchii vidkryttia podviinoho zaplidsnennia u pokrytonasennykh roslyn profesorom Universytetu sviatoho Volodymyra S. H. Navashynym: mater. nauk. chytan* (m. Ternopil, 6–8 liut. 2019 r.). Ternopil : Vektor, 2019. S. 144–149. [in Ukrainian]
27. Kononchuk O. B., Pyda S. V., Hryhoriuk I. P. Vplyv kompozytsii dobryv «Baikalu EM-1 U» ta «Ryzobofit» na soiu kulturnu (*Glycine max* (L.) Merr.). *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2010. T. 2, № 1-2. S. 12–21. [in Ukrainian]
28. Kots S. Ya., Patyka V. P. Biolohichna fiksatsiia azotu ta yii znachennia v azotnomu zhyvleni roslyn. *Fiziolohiia roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku: u 2 t.* / NAN Ukrainy, In-t fiziolohii roslyn i henetyky, Ukr. t-vo fiziolohiv roslyn; holov. red. V. V. Morhun. Kyiv : Lohos, 2009. T. 1. S. 344–386. [in Ukrainian]
29. Nazarenko I. I., Polchyna S. M., Nikorych V. A. Gruntoznavstvo: pidruch. Chernivtsi: Knyhy KhKhI, 2008. 400 s. [in Ukrainian]
30. Naukovi doslidzhennia z monitorynhu ta obstezhennia silskohospodarskykh uhid Ukrainy za rezultatamy X turu (2011–2015 rr.) / za red. I. P. Yatsuka. Kyiv, 2018. 64 s. URL: <http://www.iogu.gov.ua/publikacii/stan-gruntiv/>. [in Ukrainian]
31. Naukovi osnovy vedennia zernovoho hospodarstva / Saiko V. F. ta in. Kyiv : Urozhai, 1994. 336 s. [in Ukrainian]
32. Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy / avtor. sklad: Prysiazhniuk M. V. ta in. Kyiv, 2010. 111 s. URL: http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf. [in Ukrainian]
33. Nibulon. URL.: <https://nibulon.com/data/zakupivlya-silgospprodukcii/zakupivelnii-cini.html#price>. [in Ukrainian]
34. Orynyk B. I., Brovko O. Z., Fedorchak Yu. T. Vtomlena zemlia, abo suchasnyi stan rodiuchosti gruntiv Ternopilshchyny. *Okhorona gruntiv : zb. nauk. pr. DU «Derzhgruntokhorona»*. 2019. Spetsvypusk. Monitorynh gruntiv yak nevidiemna chastyna monitorynhu dovkillia : materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. (m. Kyiv, 23–25 lyp. 2019 r.). S. 54–55. [in Ukrainian]
35. Pozniak S. P. Chornozemy Ukrainy: heohrafiia, heneza i suchasnyi stan. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2016. № 1. S. 9–13. [in Ukrainian]
36. Polchyna S. M., Nikorych V. A., Danchu O. A. Zastosuvannia suchasnoi systemy klasyfikatsii gruntiv FAO/WRB do karty gruntovoho pokryvu Chernivetskoï oblasti. *Gruntoznavstvo*. 2004. T. 5, № 1–2. S. 27–33. [in Ukrainian]
37. Roslynyntstvo. Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur / Lykhochvor V. V. ta in.; za red. Lykhochvora V. V., Petrychenka V. F. 3-ye vyd., vyprav., dopov. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii», 2010. 1088 s. [in Ukrainian]
38. Sanin Yu. V., Sanin V. A. Osoblyvosti pozakorenevoho pidzhyvlennia silskohospodarskykh kultur mikroelementamy. *Ahronomiia Sohodni*. 2012. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/218-osoblyvosti-pozakorenevoho-pidzhyvlennia-silskohospodarskykh-kultur-mikroelementamy.html>. [in Ukrainian]
39. Soievyi Vik. URL: <http://www.soya-ua.biznes-pro.ua/product.php?id=30420>. [in Ukrainian]
40. Tarasenko O. Lystkove pidzhyvlennia zernovykh mikroelementamy. *Propozytsiia*. 2017. URL: <https://propozitsiya.com.ua/listkove-pidzhyvlennya-mikroelementami-zernovih>. [in Ukrainian]
41. AgriSol. URL: <https://agrisol.ua/>.
42. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph / Edited by Uwe Meier; Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. 2 Edition. Berlin; Boston: Blackwell Wissenschafts-Verlag, 2001. 158 p.

43. Lisovskiy Andriy, Harbar Vladyslav. Humus conditions of the Pre-Dnisterian Podolia Haplic Chernozems. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*. 2017. 27 December. P. 204-213. DOI: 10.30970/vgg.2017.51.8859.
44. Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. London, UK : Academic Press, 2012. 652 p. URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>.

¹I. S. Broshchak, ²O. B. Kononchuk, ²S. V. Pyda, ²A. I. Herts, ²N. V. Herts

¹Ternopil branch of State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Ukraine

²Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

EFFICIENCY OF PLANTAFOL FERTILIZER IN SOYBEAN CROPS FOR LACK OF NUTRITIONAL ELEMENTS IN HAPLIC CHERNOZEMS

The agrochemical composition of chernozems typical of the agrobiological laboratory of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University has been studied and the economic expediency of using complex mineral fertilizer Plantafol 10.54.10 during cultivation of soybeans, to eliminate the shortage of some elements of mineral nutrition and increase crop productivity was analyzed.

It was found that chernozems is characterized by a close to neutral exchange (pH 5.6) and hydrolytic (2.16 mg-eq. / 100 g) reaction, an increased amount of absorbed bases (19.0 mg-eq. / 100 g) and increased rate of saturation of bases (89.8 %), which is typical of agricultural lands with high carbonate content. Chernozem soil has a low amount of easily hydrolyzed Nitrogen (102.0 mg / kg), an average supply of humus (2.63 %) and mobile Phosphorus (71.0 mg / kg) and a very high level of metabolic Potassium (189.0 mg / kg).

Based on the specified agrochemical composition of the soil, taking into account the peculiarities of mineral nutrition of soybean plants, the importance for the formation of generative organs of Phosphorus and its ability to highly effective symbiotic nitrogen fixation in the study area, it is suggested to eliminate possible shortages of soil nutrients, in the first of Phosphorus, foliar fertilization with Plantafol 10.54.10.

Complex mineral fertilizer Plantafol 10.54.10 contains Nitrogen – 10 %, Phosphorus – 54 %, Potassium – 10 %, as well as trace elements in chelated form EDTA – Boron 0.02 %, Iron – 0, 07 %, Manganese – 0.03 %, Zinc – 0.01 %, Copper – 0.005 %.

It was found that double foliar fertilization with Plantafol 10.54.10 fertilizer at a dose of 3 kg / ha increases the yield of soybean grain cultivar Annushka, which is grown on chernozems typical of agrobiolaboratory, by 0.34 t / ha or 15.5 %. Yield growth was mainly due to a 16.8 % higher biological yield of aboveground mass and an increase in the number of beans on plants – by 15.3 %, seed weight – 16.0 %, total number of seeds – 11.4 %, as well as less pronounced increase in the height of attachment of the lower beans, the density and height of plants in the crop and the weight of 1000 seeds. The length of the fruits and their glazing did not change as affected by fertilizer.

The obtained data allow to offer foliar fertilization with complex fertilizer Plantafol 10.54.10, as one of the elements of the system of soybean fertilization on chernozems with close to neutral reaction, increased amount of absorbed bases, low amount of easily hydrolyzed Nitrogen, average supply of humus and mobile Potassium and a very high level of exchangeable Potassium, which reduces the negative impact of deficiencies in the root nutrition of plants, increases crop productivity and provides additional income of 4078 UAH / ha.

Keywords: Haplic Chernozems, fertility of soils, Plantafol 10.54.10 fertilizer, soybean, productivity.

Надійшла 10.03.2021.

В. П. КАРПЕНКО, І. І. МОСТОВ'ЯК, А. А. ДАЦЕНКО, Р. М. ПРИТУЛЯК,
О. І. ЗАБОЛОТНИЙ

Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, Умань, Черкаська область, 20300
e-mail: adatsienko3@gmail.com

ВМІСТ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ ГРЕЧКИ ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

У статті представлено результати польового досліду з вивчення дії різних норм мікробного препарату Діазобактерин за різних способів використання регулятора росту рослин Радостим (обробка насіння перед сівбою та обприскування посівів) на вміст у листках гречки сорту Єлена хлорофілів a і b , їх суми і каротиноїдів. Визначення фотосинтетичних пігментів проводили у відібраних зразках листків гречки в польових умовах у фазах галушення у рослин стебла і початку цвітіння за методикою, описаною В. Ф. Гавриленко і Т. В. Жигаловою з використанням спектрофотометра LEKI SS1104.

Встановлено, що вміст фотосинтетичних пігментів у листках гречки залежав від норм і способів застосування досліджуваних препаратів та фаз розвитку культури. Зокрема, показано, що за комплексного застосування для передпосівної обробки насіння суміші мікробного препарату Діазобактерин у нормі 200 мл на гектарну норму насіння з регулятором росту рослин Радостим у нормі 250 мл/т з наступним обприскуванням по даному фону посівів регулятором росту рослин Радостим у нормі 50 мл/га у листках гречки формується найвищий у порівнянні із контролем вміст хлорофілу a (на 40 %), хлорофілу b (на 15 %), суми хлорофілів $a+b$ (на 33 %) і каротиноїдів (на 29 %).

Ключові слова: регулятор росту рослин, мікробний препарат, гречка, хлорофіл, каротиноїди.

Ріст і розвиток рослин є складним динамічним показником стану рослинного організму, що включає комплекс взаємопов'язаних фізіологічних і біохімічних процесів, серед яких головним є фотосинтез [3].

Фотосинтез забезпечує утворення в рослинах органічної речовини і формування продуктивності посівів. Проте перебіг фотосинтетичних реакцій у рослинах залежить від вмісту і співвідношення у листках пластидних пігментів, зокрема – хлорофілу і каротиноїдів [5]. Фотокаталізаторна дія хлорофілу визначає інтенсивність фотосинтезу. Саме тому пігментний склад листків має вирішальне значення в реалізації біологічного потенціалу всіх без виключення сільськогосподарських культур.

Дослідження свідчать [4, 9, 11, 14, 17], що формування пігментного комплексу рослин залежить від низки абіотичних та біотичних чинників, у тому числі й від застосування мінеральних добрив, засобів захисту рослин та рістстимулювальних і мікробних препаратів. Так, за даними досліджень В. В. Гангура та Л. Є. Єремко [3], передпосівна інокуляція насіння нуту мікробним препаратом Ризогумін на фоні внесення мінеральних добрив посилювала інтенсивність формування асиміляційної поверхні посівів і їх фотосинтетичної продуктивності. Зокрема, вміст хлорофілу a в листках рослин перевищував контрольний варіант на 0,6–7,08 мг/г сухої речовини, хлорофілу b – на 7,93–8,55 мг/г сухої речовини.

Використання препаратів біологічного походження посилює в рослинах проходження обмінних процесів, що супроводжується розвитком потужної надземної і підземної біомаси, формуванням оптимального фотосинтетичного апарату зі збільшеним вмістом у листках хлорофілу [6, 15, 19]. Так, за даними досліджень Ю. О. Черницького [16], обробка насіння пшениці озимої мікробним препаратом Хетомік сприяла збільшенню вмісту хлорофілу a у листках рослин на 43–68 %. Водночас, поєднання інкрустації насіння та обприскування посівів

буряків цукрових сорту Носівський Кристаліном підвищувало сумарне накопичення хлорофілу у листках рослин порівняно з контролем на 69 % [12].

Дослідженнями В. М. Гавія, О. Б. Кучменка [1] обґрунтовано ефективність передпосівної обробки насіння кукурудзи мікробним препаратом Поліміксобактерин, за якої вміст хлорофілів *a* і *b* у листках рослин перевищував показники контролю на 26,8 % і 41,0 % відповідно.

Зважаючи на це, метою нашої роботи було дослідити вміст у листках гречки фотосинтетичних пігментів за використання бактеріального препарату Діазобактерин і регулятора росту рослин Радостим, що розкриває можливість з'ясувати спрямованість проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, від яких напряду залежить синтез органічної речовини і формування продуктивності посівів.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалами дослідження слугували: рослини гречки (*Fagopyrum esculentum* Moench.), підвиду *vulgaris*, сорт Єлена, що виведений у науково-дослідному Інституті круп'яних культур Подільської державної аграрно-технічної академії та рекомендований для вирощування у Лісостеповій зоні та Поліссі; мікробний препарат Діазобактерин (штами бактерій *Azospirillum brasilense* 18–2 і 410, титр бактерій – не менше 2 млрд КУО/г; виробник Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, Україна), і регулятор росту рослин Радостим (Емістим С – 0,3 г/л, калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти – 1,0 мг/л та мікроелементи; виробник ДП «Міжвідомчий НТЦ Агробіотех», Україна).

Польові досліди закладали в умовах дослідного поля Уманського національного університету садівництва у триразовому повторенні систематичним методом. Грунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий на лесі з вмістом в орному шарі гумусу – 3,5 %, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 88 і 132 мг/кг відповідно, азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 103 мг/кг; *pH* сол. – 6,2; гідролітична кислотність – 2,26 мг-екв./100 г ґрунту [18]. Схема досліду включала варіанти без обробки насіння (контроль) та з обробкою насіння перед сівбою мікробним препаратом Діазобактерин у нормах 150, 175 і 200 мл на гектарну норму насіння окремо й сумісно із рістрегулятором Радостим у нормі 250 мл/т; на фоні застосування вищезгаданих препаратів посіви гречки у фазу появи першої пари справжніх листків обприскували Радостимом у нормі 250 мл/га.

Вміст у листках гречки хлорофілів *a* і *b*, каротиноїдів визначали у фазах галушення стебла і початку цвітіння рослин у відібраних зразках листків у польових умовах за методиками, описаними В. Ф. Гавриленко і Т. В. Жигаловою [2] з використанням спектрофотометра LEKI SS1104. Оптичну густину витяжок встановлювали за довжини хвиль – 662 нм, 644 нм і 440 нм. Концентрацію пігментів розраховували за рівняннями Хольм Ветшттейна для 100%-го ацетону [2]:

$$C_{\text{хл. a, мг/л}} = 9,784 \cdot D_{662} - 0,990 \cdot D_{644}$$

$$C_{\text{хл. b, мг/л}} = 21,426 \cdot D_{644} - 4,650 \cdot D_{662}$$

$$C_{\text{хл. a+b, мг/л}} = 5,134 \cdot D_{662} + 20,436 \cdot D_{644}$$

$$C_{\text{карот. мг/л}} = 4,695 \cdot D_{440} - 0,268 \cdot (C_{\text{хл. a}} + C_{\text{хл. b}})$$

Далі розраховували вміст пігментів у рослинному матеріалі, мг/г сирової речовини:

$$A = (C \cdot V) / (H \cdot 1000), \text{ де } C - \text{концентрація пігментів, мг/л,}$$

$$V - \text{об'єм екстракту, мл,}$$

$$H - \text{наважка рослинного матеріалу, г.}$$

Статистичну обробку результатів досліджень виконували за методом дисперсійного аналізу, описаного Б. О. Доспеховим [7].

Результати досліджень та їх обговорення

Виконані дослідження показали, що вміст хлорофілів *a* і *b*, їх суми і каротиноїдів у листках гречки у значній мірі залежав від норм використання мікробного препарату Діазобактерин і різних способів застосування регулятора росту рослин Радостим (табл. 1).

Вміст хлорофілів *a* і *b*, їх суми і каротиноїдів у листках гречки за дії Діазобактерину і Радостиму, середнє за 2017–2019 рр. (фаза галуження стебла, мг/г сирої речовини)

Варіант досліду	Хлорофіл			Каротиноїди
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	
Без застосування препаратів (контроль)	0,92	0,38	1,30	0,45
Діазобактерин 150 мл	1,02	0,41	1,43	0,47
Діазобактерин 175 мл	1,03	0,41	1,44	0,47
Діазобактерин 200 мл	1,06	0,42	1,48	0,48
Радостим 250 мл/т	0,98	0,40	1,38	0,46
Діазобактерин 150 мл+Радостим, 250 мл/т	1,10	0,46	1,56	0,52
Діазобактерин 175 мл+Радостим 250 мл/т	1,12	0,47	1,59	0,53
Діазобактерин 200 мл+Радостим 250 мл/т	1,14	0,48	1,62	0,53
Радостим 50 мл/га	1,01	0,42	1,43	0,48
Діазобактерин 150 мл + Радостим 50 мл/га	1,08	0,45	1,53	0,50
Діазобактерин 175 мл + Радостим 50 мл/га	1,09	0,45	1,54	0,51
Діазобактерин 200 мл + Радостим 50 мл/га	1,11	0,46	1,57	0,52
Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/т	1,04	0,43	1,47	0,49
Діазобактерин 150 мл + Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/га	1,20	0,49	1,69	0,56
Діазобактерин 175 мл + Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/га	1,22	0,49	1,70	0,57
Діазобактерин 200 мл + Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/га	1,23	0,50	1,73	0,57
<i>НІР</i> ₀₅ *	0,16–0,17	0,14–0,15		0,15–0,16

Примітка: * – мінімальне та максимальне значення за роки досліджень.

Так, вміст хлорофілів *a* і *b* і їх суми за використання мікробного препарату Діазобактерин (обробка насіння перед сівбою у нормах 150, 175, 200 мл) у фазу галуження стебла перевищував контрольні показники на 0,1–0,14 мг/г сирої речовини для хлорофілу *a*, 0,03–0,04 мг/г сирої речовини – *b*, 1,13–1,18 мг/г сирої речовини – суми хлорофілів *a+b*.

Активніше накопичення фотосинтетичних пігментів спостерігалось у варіантах, де для обробки насіння перед сівбою використовували суміш регулятора росту рослин Радостим і мікробного препарату Діазобактерин. Так, за такого поєднання препаратів вміст хлорофілу *a* у листках гречки порівняно із контролем збільшувався на 19–24 %, хлорофілу *b* – на 21–26 %, а суми хлорофілів *a+b* – на 20–24 % відповідно. Використання мікробного препарату Діазобактерин у нормах 150, 175 і 200 мл для обробки насіння перед сівбою з наступним обприскуванням посівів регулятором росту рослин Радостим 50 мл/га забезпечило зростання вмісту хлорофілів відносно варіантів із самостійним внесенням Діазобактерину на 6–8 % для хлорофілу *a*; 10–12 % – *b* і 6–7 % – для суми хлорофілів *a+b*. Однак, найвищий вміст хлорофілів у листках гречки було встановлено за використання сумішей Діазобактерину (150, 175, 200 мл) з Радостимом (250 мл/т) для передпосівної обробки насіння наступним обприскуванням посівів Радостимом (50 мл/га), де перевищення до контролю складало 0,28–0,31 мг/г сирої речовини для хлорофілу *a*, 0,11–0,12 мг/г сирої речовини – хлорофілу *b*, 0,39–0,43 мг/г сирої речовини – для суми хлорофілів *a+b*. Комбінована обробка насіння гречки сумішшю препаратів Діазобактерин і Радостим з наступним обприскуванням посівів Радостимом забезпечила зростання вмісту хлорофілів у порівнянні з варіантами обробки насіння перед сівбою сумішшю Діазобактерину і Радостиму на 8–9 % для хлорофілу *a*, на 4–6 % – хлорофілу *b*, 6–8 % – суми хлорофілів *a+b*. Одержані дані можуть свідчити, що інтродукція ризосферних мікроорганізмів із високою колонізаційною активністю у ризосферу гречки і стимульовальна дія екзогенних фітогормонів сприяють покращенню мінерального живлення рослин, що, у свою чергу, відображається на формуванні вмісту в рослинах фотосинтетичних пігментів.

Щодо вмісту каротиноїдів у листках гречки, то в усіх варіантах досліду їх вміст перевищував контроль, а в варіантах Діазобактерин 150; 175 і 200 + Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/га зазначений показник був найвищим і у відсотковому відношенні до контролю коливався на рівні 24–27 %. Ці дані узгоджуються з даними вчених [8, 10], які також простежували зростання вмісту каротиноїдів у листках рослин під впливом біологічних препаратів, що може розглядатись як адаптивна ознака рослин у захисті реакційних центрів фотосистем від деструктивної дії активних форм кисню, які можуть утворюватися під впливом інтенсифікації обмінних процесів у рослинах. Зростання вмісту каротиноїдів у рослинах відіграє захисну роль у збереженні хлорофілів від фотоокиснення [13].

Аналіз вмісту хлорофілів і каротиноїдів у фазу початку цвітіння рослин гречки показав їх значне зростання у порівнянні з показниками у фазу галуження стебла, що може бути наслідком активізації проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів на фоні покращення умов мінерального живлення рослин, процесів росту і розвитку рослин [10, 13]. Так, вміст хлорофілів *a* і *b*, їх суми та каротиноїдів за використання мікробного препарату Діазобактерин у нормах 150, 175 і 200 мл для обробки насіння перед сівбою перевищував контроль на 4–6 % для хлорофілу *a*, 2–3 % – хлорофілу *b*, 3–5 % – суми хлорофілу *a+b* та на 6–7 % – для каротиноїдів (табл. 2).

За сумісного застосування мікробного препарату Діазобактерин у нормах 150, 175 і 200 мл і регулятора росту рослин Радостим у нормі 250 – для обробки насіння перед сівбою вміст хлорофілів *a* і *b*, їх суми і каротиноїдів із наростанням норми внесення Діазобактерину зростав і перевищував контроль у межах 29–31 % – для хлорофілу *a*; 10–11 % – хлорофілу *b*; 24–26 % – їх суми та 23–24 % – для каротиноїдів. Найвищий вміст фотосинтетичних пігментів формувався в листках гречки за обробки посівів Радостимом у нормі 50 г/га на фоні використання Діазобактерину в нормі 200 мл з регулятором росту рослин Радостим у нормі 250 мл/т для обробки насіння, де перевищення до контролю складало 38–40 % для хлорофілу *a*; 14–15 % – хлорофілу *b*; 31–33 % – суми хлорофілів *a+b* та 27–29 % – для каротиноїдів.

Таблиця 2

Вміст хлорофілів *a* і *b*, їх суми і каротиноїдів у листках гречки за дії Діазобактерину і Радостиму, середнє за 2017–2019 рр. (фаза початок цвітіння, мг/г сирової речовини)

Варіант досліду	Хлорофіл			Каротиноїди
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	
Без застосування препаратів (контроль)	1,83	0,71	2,54	0,88
Діазобактерин 150 мл	1,90	0,72	2,62	0,93
Діазобактерин 175 мл	1,92	0,72	2,64	0,94
Діазобактерин 200 мл	1,93	0,73	2,66	0,94
Радостим 250 мл/т	1,86	0,71	2,57	0,92
Діазобактерин 150 мл+Радостим, 250 мл/т	2,37	0,78	3,15	1,08
Діазобактерин 175 мл+Радостим 250 мл/т	2,39	0,79	3,18	1,08
Діазобактерин 200 мл+Радостим 250 мл/т	2,40	0,79	3,19	1,09
Радостим 50 мл/га	1,99	0,71	2,70	0,93
Діазобактерин 150 мл + Радостим 50 мл/га	2,24	0,73	2,97	1,05
Діазобактерин 175 мл + Радостим 50 мл/га	2,32	0,73	3,05	1,06
Діазобактерин 200 мл + Радостим 50 мл/га	2,37	0,74	3,11	1,06
Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/т	2,08	0,72	2,80	0,97
Діазобактерин 150 мл + Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/га	2,53	0,81	3,34	1,12
Діазобактерин 175 мл + Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/га	2,55	0,82	3,37	1,13
Діазобактерин 200 мл + Радостим 250 мл/т + Радостим 50 мл/га	2,56	0,82	3,38	1,14
<i>НІР</i> ₀₅ *	0,18–0,19	0,17–0,18		0,16–0,17

Примітка: * – мінімальне та максимальне значення за роки досліджень.

Висновки

Сумісне використання мікробного препарату Діазобактерин та регулятора росту рослин Радостим для обробки насіння перед сівбою з наступним обприскуванням посівів Радостимом забезпечує зростання вмісту хлорофілів a і b , їх суми і каротиноїдів у пігментному комплексі листків гречки. У варіантах сумісного застосування Діазобактерину у нормі 200 мл і Радостиму у нормі 250 мл/т для обробки насіння та обприскування по даному фону посівів Радостимом у нормі 50 мл/га в рослинах гречки формується найвищий вміст хлорофілу a , який у середньому за двома фазами росту і розвитку рослин перевищує контроль на 30–40 %; хлорофілу b – 15–31 %; суми хлорофілів $a+b$ – 30–33 %; каротиноїдів – 24–29 %. Ці дані свідчать про створення більш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, за безпосередньої позитивної дії яких формується функціонально активний пігментний комплекс литкового апарату гречки.

1. Гавій В. М., Кучменко О. Б., Терещенко О. О. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора ВАІ-SI на вміст фотосинтетичних пігментів і урожайність кукурудзи. *Збірник наукових праць УНУС*. 2019. 95 (1). С. 65–75.
2. Гавриленко В. Ф., Жигалов Т. В., Ермакова І. П. Большой практикум по фотосинтезу. М. : «Академия», 2003. 256 с.
3. Гангур В. В., Єремко Д. С., Сокирко Д. П. Формування продуктивності нуту залежно від технологічних факторів в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 2. С. 285–292.
4. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. К. : ЗАТ «Ничлава», 2008. 352 с.
5. Гуляев Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття*: зб. наук. праць. К., 2001. Т. 1. С. 60–74.
6. Дорошенко О. Л., Фоміна В. Я. Формування фотосинтетичних показників різних за походженням сортів гречки в умовах західного Лісостепу. *Наукові праці біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 67–72.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 350 с.
8. Кавулич Я. З., Кобилецька М. І., Терек О. І. Вплив саліцилової кислоти на пігментну систему рослин гречки за токсичного впливу кадмію хлориду. *Вісник Львівського університету*. 2016. 72. С. 210–217.
9. Карпенко В. П., Коробко О. О. Вплив гербіциду і біологічних препаратів на фотосинтетичну продуктивність і врожайність нуту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 4. С. 48–54.
10. Карпенко В. П., Пritуляк Р. М. Фізіологічні зміни у рослинах ячменю ярого за дії біологічно активних речовин. *Вісник Уманського НУС*. 2014. № 1. С. 60–65.
11. Карпенко В. П., Шутко С. С. Вміст хлорофілу і фотосинтетична продуктивність рослин соризу за використання гербіциду Пік 75 WG і регулятора росту рослин Регоплант. *Збірник наукових праць УНУС*. 2018. 93 (1). С. 23–32.
12. Пришляк С. О. Залежність окремих фізіологічних процесів і продуктивності сільськогосподарських культур від дії металовмісних синтетичних регуляторів росту рослин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 03.00.12. Умань. 2008. 21 с.
13. Прядкіна Г. О., Маслюківська О. В., Стасик О. О., Оксьом В. П. Зв'язок вмісту хлорофілу в листках і хлорофільного індексу посівів озимої пшениці в період наливання зерна з урожайністю. *Фізіологія рослин і генетика*. 2015. Т. 47. № 2. С. 167–174.
14. Романчук Л. Д., Зінченко О. В. Оцінка впливу регуляторів росту рослин на інтенсивність фотосинтезу, приживаність, морфологічні показники міскантусу гігантеусу. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. № 19. С. 47–51.
15. Сиваш О. О., Михайленко М. Ф., Золотарьова О. К. Варіація співвідношення вмісту хлорофілів a і b при адаптації рослин до зовнішніх чинників. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія*. 2018. 3 (45). С. 49–73.
16. Черницький Ю. О. Вплив мікробіологічних препаратів на вміст хлорофілу в листках озимої пшениці. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2006. Вип. 4. С. 196–200.
17. Elkosa E., Kantar F., Fikretin S., Influence of Nitrogen Fixing and Phosphorus Solubilizing Bacteria on the Nodulation, Plant Growth, Yield of Chickpea. *Journal of Plant nutrition*. 2008. 31. 157–171.

18. Poltoretskyi S. P. Formation of density of sowing of millet (*Panicum miliaceum* L.) depending on the term and method of sowing. *Bulletin of Uman NUH*. № 1. 2017. P. 59–64.
19. Tatar O., Ozalkan C., Atasoy G. Partitioning of dry matter, proline accumulation, chlorophyll content and antioxidant activity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants under chilling stress. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013. № 19. С. 260–265.

References

1. Havii V. M., Kuchmenko O. B., Tereshchenko O. O. Vplyv biopreparatu Polimiksobakteryn ta imunoprotektora BAI-SI na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv i urozhainist kukurudzy. *Zbirnyk naukovykh prats UNUS*. 2019. 95 (1). S. 65–75. [in Ukrainian]
2. Havrylenko V. F., Zhyhalov T. V., Ermakova Y. P. Bolshoi praktikum po fotosynteze. M. : «Akademyia», 2003. 256 s. [in Russian]
3. Hanhur V. V., Yeremko D. S., Sokyрко D. P. Formuvannia produktyvnosti nutu zalezno vid tekhnolohichnykh faktoriv v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zernovi kultury*. 2017. Tom 1. № 2. S. 285–292. [in Ukrainian]
4. Hrytsaienko Z. M., Ponomarenko S. P., Karpenko V. P., Leontiuк I. B. Biolohichno aktyvni rechovyny v roslynnytstvi. K. : ZAT «Nychlava». 2008. 352 s. [in Ukrainian]
5. Huliaiev B. I. Ekofiziolohiia fotosyntezy: dosiahnennia, stan ta perspektyvy doslidzhen. *Fiziolohiia roslyn v Ukraini na mezhi tysiacholittia: Zb. nauk. prats. K.*, 2001. T. 1. S. 60–74. [in Ukrainian]
6. Doroshenko O. L., Fomina V. Ya. Formuvannia fotosyntetychnykh pokaznykiv riznykh za pokhodzhenniam sortiv hrechky v umovakh zakhidnoho Lisostepu. *Naukovi pratsi bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*. Vyp. 21. 2014 r. S. 67–72. [in Ukrainian]
7. Dospekhov V. A. Metodyka polevoho opyta. Moskva. Ahropromyzzdat. 1985. 350 s. [in Russian]
8. Kavulych Ya. Z., Kobyletska M. I., Terek O. I. Vplyv salitsylovoi kysloty na pihmentnu systemu roslyn hrechky za toksychnoho vplyvu kadmiiu khlorodyu. *Visnyk Lvivskoho universytetu*. 2016. 72. S. 210–217. [in Ukrainian]
9. Karpenko V. P., Korobko O. O. Vplyv herbicydu i biolohichnykh preparativ na fotosyntetychnu produktyvnist i vrozhainist nutu. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*. 2018. Vyp. 4. S. 48–54. [in Ukrainian]
10. Karpenko V. P., Prytuliak R. M. Fiziolohichni zminy u roslynakh yachmeniu yaroho za dii biolohichno aktyvnykh rechovyn. *Visnyk Umanskoho NUS*. 2014. № 1. S. 60–65. [in Ukrainian]
11. Karpenko V. P., Shutko S. S. Vmist khlorofilu i fotosyntetychna produktyvnist roslyn sorytu za vykorystannia herbicydu Pik 75 WG i rehulatora rostu roslyn Rehoplant. *Zbirnyk naukovykh prats UNUS*. 2018. 93 (1). S. 23–32. [in Ukrainian]
12. Pryplavko S. O. Zalezhnist okremykh fiziolohichnykh protsesiv i produktyvnosti silskohospodarskykh kultur vid dii metalovmisnykh syntetychnykh rehulatoriv rostu roslyn : avtoref. dys... kand. s.-h. nauk: 03.00.12. Uman. 2008. 21 s. [in Ukrainian]
13. Priadkina H. O., Masliukivska O. V., Stasyk O. O., Oksom V. P. Zviazok vmistu khlorofilu v lystkakh i khlorofilnoho indeksu posiviv ozymoi pshenytsi v period nalyvannia zerna z urozhainistiu. *Fyzyolohiia rastenyi y henetyka*. 2015. T. 47. № 2. S. 167–174. [in Ukrainian]
14. Romanchuk L. D., Zinchenko O. V. Otsinka vplyvu rehulatoriv rostu roslyn na intensyvni fotosyntezy, pryzhyvani, morfolohichni pokaznyky miskantusu hihanteusu. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*. 2013. № 19. S. 47–51. [in Ukrainian]
15. Syvash O. O., Mykhailenko M. F., Zolotarova O. K. Variatsiia spivvidnoshennia vmistu khlorofiliv a i b pry adaptatsii roslyn do zovnishnykh chynnykiv. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahraroho universytetu. Seriia biolohiia*. 2018. 3 (45). S. 49–73. [in Ukrainian]
16. Chernytskyi Yu. O. Vplyv mikrobiolohichnykh preparativ na vmist khlorofilu v lystkakh ozymoi pshenytsi. *Silskohospodarska mikrobiolohiia*. 2006. Vyp. 4. S. 196–200. [in Ukrainian]
17. Elkoca E., Kantar F., Fikretin S., Influence of Nitrogen Fixing and Phosphorus Solubilizing Bacteria on the Nodulation, Plant Growth, Yield of Chickpea. *Journal of Plant nutrition*. 2008. 31. 157–171.
18. Poltoretskyi S. P. Formation of density of sowing of millet (*Panicum miliaceum* L.) depending on the term and method of sowing. *Bulletin of Uman NUH*. № 1. 2017. R. 59–64.
19. Tatar O., Ozalkan C., Atasoy G. Partitioning of dry matter, proline accumulation, chlorophyll content and antioxidant activity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants under chilling stress. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013. № 19. S. 260–265.

V. P. Karpenko, I. I. Mostoviak, A. A. Datsenko, R. M. Prytuliak, O. I. Zabolotnyi

Uman National University of Horticulture, Ukraine

Institutska St., 1, Uman, Cherkasy region, 20300

e-mail: adatsienko3@gmail.com

THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN BUCKWHEAT LEAVES UNDER THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS

The article presents the results of a field experiment to study the effects of different rates of the microbial preparation Diazobacterin under different methods of using the plant growth regulator Radostim (seed treatment before sowing and spraying crops) on the content of chlorophyll a and b in buckwheat leaves of Yelena variety, their sum and carotenoids.

Determination of chlorophyll a and b, their sum and carotenoids was performed in selected samples of buckwheat leaves in the field conditions, in the phases of stem branching and the beginning of flowering according to the method described by V.F. Gavrylenko and T.V. Zhyhalova using a spectrophotometer. The pigment concentration was calculated from Holm-Wettstein's equations for 100 % acetone.

It was found that the content of photosynthetic pigments in buckwheat leaves is conditioned by the weather, rates and methods of application of the studied microbial preparations and phases of plant development. In particular, the analysis of chlorophyll and carotenoid content in the early flowering phase of buckwheat plants showed a significant increase compared to the phase of stem branching, which may be due to increased physiological and biochemical processes in plants, against the background of improving mineral nutrition, growth and plant development. Thus, with the multiple use of the microbial preparation Diazobacterin in the rates of 150, 175 and 200 ml and the stimulator of plant growth Radostim in the rate of 250 ml / t for seed treatment before sowing, the content of chlorophylls a and b, their sum and carotenoids with increasing application of Diazobacterin increased and the excess relative to control ranged within: 29–31 % for chlorophyll a; 10–11 % for chlorophyll b; 24–26 % for their sum and 23–24 % for carotenoids.

At the same time, with a complex application for pre-sowing seed treatment of a mixture of the microbial preparation Diazobacterin in the rate of 200 ml per hectare of seeds with the stimulator of plant growth Radostim in the rate of 250 ml / t followed by spraying on this background crops the stimulator of plant growth Radostim in the rate of 50 ml / ha buckwheat leaves form the highest content of chlorophyll a in comparison with the control (40 %); chlorophyll b (15 %); the sum of chlorophyll a + b (33 %) and carotenoids (29 %).

These data indicate the creation of more favorable conditions for physiological and biochemical processes in plants, including photosynthesis, with the direct positive effect of which, functionally active pigment complex of the leaf apparatus of buckwheat is formed.

Keywords: stimulator of plant growth, microbial preparation, buckwheat, chlorophyll, carotenoids.

Надійшла 30.03.2021.

ОГЛЯДИ

УДК 581.192: 633.111.1: 631.8

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.12

Ю. Д. МАРЦІНИШИН, С. В. ПИДА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: spyda@ukr.net

БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ЗА ВПЛИВУ ДОБРІВ

У статті, на основі аналізу літератури, наведено результати вивчення впливу мінеральних, органічних та органо-мінеральних добрив на біохімічний склад зерна пшениці. Встановлено, що насіннева продуктивність та якість зерна пшениці залежать від забезпечення рослин елементами живлення протягом вегетації, стійкістю до стресових факторів та біологічними особливостями сорту. Добрива є істотним чинником підвищення показників якості зерна пшениці та хлібопекарського борошна.

За застосування органічних добрив та сидератів виявлено тенденцію до підвищення вмісту клейковини в зерні пшениці озимої. Якість зерна пшениці (поживна цінність і хлібопекарські властивості) також залежить від амінокислотного складу білків. Показано, що азотні добрива підвищують вміст білків у зерні та поліпшують їх амінокислотний склад, але внесення їх, особливо у підвищених дозах, призводить до зниження хлібопекарських властивостей зерна пшениці. Азотні добрива підвищують також вміст мікроелементів у зерні пшениці і покращують поживні якості цього важливого продукту харчування. На фоні мінерального живлення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) передпосівна обробка насіння і позакореневе підживлення рослин у фази куціння і колосіння рідким органо-мінеральним добривом Полідон Біо Зерновий спеціального призначення для пшениці озимої підвищували вміст білків у зерні та сприяли зростанню масової частки сирої клейковини.

Ключові слова: пшениця м'яка, біохімічний склад зерна, білки, клейковина, добрива.

Пшениця – важлива стратегічна культура, яку вирощують в Україні. Вона займає найбільші посівні площі, є первинною харчовою ланкою забезпечення людини біологічно важливими елементами. Тому активно розробляються біотехнології селекційного процесу, що ґрунтуються на поєднанні можливостей класичної й молекулярної генетики, що забезпечує радикальне покращення пшениці за кількісним і якісним складом білків. Хліб майбутнього, на думку завідувача відділу генетичних основ селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН України О. І. Рибалки, має бути збалансований за всіма біологічно цінними елементами і мати не лише енергетичне, а й профілактично-лікувальне значення, а сьогодні на цьому особливо наголошує сучасна національна програма здорового харчування України [14].

Однак, успадкований генетичний потенціал сорту не може сам по собі гарантувати відповідну урожайність та якість зерна пшениці озимої, оскільки реалізація потенціалу значно залежить від регульованих (агротехніка) і нерегульованих чинників (сонячна радіація, опади, вологість повітря, температура) доквілля, створення для кожного сорту відповідних умов.

Виробництво зерна нестабільне за роками, що зумовлено ускладненням клімату, екстремальними явищами, погіршенням екології й природно-кліматичних умов загалом [28]. Амплітуда коливань вмісту білків у зерні за дії регульованих факторів становить 8 %, а нерегульованих – 11 % [16].

Урожайність пшениці озимої за рахунок надсильних та екстрасильних сортів зросла до 10 т/га, проте якість зерна, яка негативно корелює з продуктивністю, знизилась. Рівень білковості не перевищує 12,6–13,2 % [5, 12].

Відсоток якісного зерна пшениці озимої в Україні, що відповідає вимогам світових стандартів, становить лише 10–12 % від загальної кількості [28]. Підвищення якості зерна пшениці озимої, що відповідає вимогам світових стандартів, є важливим завданням працівників агропромислового комплексу [5]. Експериментально доведено, що підвищення врожаю та якості отриманої продукції на 50–55 % зумовлено комплексом агротехнологічних заходів (забезпечення рослин елементами живлення протягом вегетації, стійкістю до стресових факторів) і на 25–30 % – біологічними особливостями сорту [11, 20, 28, 30].

За даним П. П. Вавілова [цит. за 21] пшениця м'яка містить у зерні 13,9 % білків, 79,9 % вуглеводів, 2,0 % жиру, 2,3 % клітковини та 1,9 % золи. Вміст білків у зерні озимої пшениці може коливатися від 8 до 22 %. Вуглеводи в основному представлені крохмалем (48–63 %), частка розчинних цукрів становить 2–7 %, 2–3 % – клітковина [21].

Вміст білків характеризує не тільки харчову цінність зерна пшениці, але і його технологічні властивості. У якісному зерні зазначений показник має перебувати на рівні від 11 до 17 %, тому що за низьких або високих показників якість хлібобулочних виробів, виготовлених з борошна цієї пшениці, різко погіршується [3].

Клейковина або глютен (від лат. Gluten – клей) займає близько 80 % і являє собою складну суміш різних білкових молекул (гліадин і глютенін) [2, 4, 27]. Вміст клейковини також є важливим показником, оскільки суттєво впливає на якість борошна. Клейковина – це фракції протеїну пшениці, які можна вимити з борошна, тобто це хімічна речовина білкової групи, яка не розчиняється у воді. Вона визначає об'єм хліба та впливає на пружність, еластичність і пористість м'якуша. Ця речовина дуже важлива при виготовленні хліба та випічки. Чим більше клейковини у складі пшениці, тим вища якість зерна.

Переважає частина білків пшеничного зерна – запасні гліадини і глютеніни, які формують клейковину, інші білки в зерні – альбуміни та глобуліни – структурні й ферментні протеїни [24]. Білок у зерні пшениці накопичується в процесі його наливання переважно внаслідок реутилізації азотовмісних сполук із вегетативних органів, синтезованих до і під час цвітіння [22]. У зрілій зернівці практично весь азот міститься в її білках.

Зустрічаються суперечливі висновки щодо впливу азотного живлення на якість зерна пшениці. Одні дослідники вважають, що внесення азотних добрив, особливо у підвищених дозах, призводять до зниження хлібопекарських властивостей зерна пшениці, впливаючи на ослаблення клейковини, що пов'язано з динамікою накопичення гліадинів і глютенінів у дозріваючому ендоспермі [19]. В процесі азотного живлення відбуваються відповідні зміни в складі білкового комплексу зерна, що знижує його технологічні властивості.

За думкою інших дослідників лінії рослин пшениці з підвищеними хлібопекарськими властивостями зерна різняться за вмістом у листках азоту та білковістю зерна [8]. Виявлено позитивні кореляційні зв'язки між вмістом у листках азоту та білковістю зерна [13, 18, 26]. За внесення азотних добрив у помірних нормах при вирощуванні озимих і ярих зернових культур на ґрунтах з високими показниками родючості можна отримати якісне зерно. На бідних ґрунтах, особливо з підвищеною кислотністю, навіть високі норми не завжди поліпшують показники якості зерна [16].

Встановлено, що за застосування N_{30} на фоні ранньовесняного підживлення озимої пшениці азотом вміст білків у зерні підвищився в середньому на 0,8–2,1 %, а сирої клейковини – 2,2–5,2 %. При цьому поліпшення якісного складу зерна залежало від дози азоту. Найвищі показники виявлено за сумарного внесення N_{90} [6].

Внесення кристалону особливого та акварину-5 (водорозчинні NPK добрива з магнієм та мікроелементами (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn – кристалон особливий; B, Fe, Mn, Mo, Zn – акварин-5)

в хелатній формі) на фонах ранньовесняного підживлення, внесення азоту рано навесні і на початку виходу рослин у трубку сприяло поліпшенню показників якості зерна озимої пшениці. Найвищу якість зерна виявлено за позакореневого підживлення зазначеними вище добривами у фазах виходу в трубку та колосіння на всіх досліджуваних фонах (N_{30} , N_{60} , N_{90}) внесення азоту [6].

Вміст білків визначає харчову цінність, проте не завжди корелює з хлібопекарськими властивостями, які залежать від біохімічних особливостей та фізико-хімічних параметрів білково-клейковинного комплексу [24]. Вміст білків та властивості клейковини значною мірою генетично детерміновані, однак умови вирощування також можуть у певних межах модифікувати зазначені вище показники. Насамперед це стосується забезпеченості рослин азотом, оскільки більша частина цього елемента входить до складу амінокислот і білків – структурних, ферментних, запасних [37].

Проведені порівняльні дослідження з оцінки різних видів мінеральних і органічних добрив і їх впливу на технологічні якості зерна, а саме на вміст білків у зерні і клейковини показали, що за дослідженими показниками добрива є істотним чинником підвищення якості зерна пшениці та хлібопекарського борошна.

За застосування різних видів органічних добрив (гній великої рогатої худоби, курячий послід) та сидератів (віко-пшеничний, вівсяно-гороховий, гірчиця) встановлено тенденцію до підвищення вмісту клейковини з 24,2 до 25,6–27,7 % в зерні пшениці озимої [23]. Найкращий результат за впливом на вміст клейковини в зерні пшениці озимої отримано у варіанті із застосуванням підстилкового посліду в дозі 5 т/га.

За дослідженнями Н. П. Бакаєвої [1], застосування гною в дозі 40 т/га підвищувало вміст білків у зерні з 14,8 % (контроль) до 15,6 %, застосування мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ мало найменший ефект – вміст білків у зерні пшениці підвищився до 15,2 %.

Досліджено [17], що вміст білків гліадинової (проламінової) фракції у варіанті без застосування добрив становив 6,2 %, застосування азотних добрив у дозі N_{80} збільшило зазначений вище показник до 6,9 %, кількість білків у глютенінової фракції змінювалася несуттєво і перевищувала контроль в середньому на 0,2 %.

Якість зерна пшениці (поживна цінність і хлібопекарські властивості) також залежить від амінокислотного складу білка. За дослідженнями О. В. Костина та О. М. Церковної [9] обробка насіння регулятором росту, рідким імуностимулятором та біофунгіцидом з розрахунку 2 л розчину на 1 ц на фоні мінеральних добрив $N_{100}P_{70}K_{70}$ покращувала якість зерна пшениці озимої. Мінеральні добрива вносили тричі за вегетацію: під час основного обробітку ґрунту – $N_{40}P_{50}K_{70}$, при посіві – P_{20} , ранньовесняне підживлення – N_{60} . Для обробки насіння застосовували регулятор росту у вигляді розчину пектину (0,05 % концентрації) виділеного з *Amaranthus cruentus*. За хімічною природою пектин являє собою емульсію, до складу якої входить Д-галактуронова кислота. Універсальний антистресовий рідкий імуностимулятор Гумі із набором необхідних мікроелементів та Фітоспорин – рідкий біофунгіцид, що пригнічує в рослинах розвиток хвороб завдяки антибіотичним властивостям.

Обробка насіння вище зазначеними препаратами підвищила кількість білків у зерні на 0,8–1,4 %. За внесення мінеральних добрив показник суми незамінних амінокислот в зерні пшениці озимої збільшився на 8,4 % (з 32,18 до 34,88 мг/г). При цьому вміст лізину зріс з 3,20 (на контролі) до 3,73 мг/г (на мінеральному фоні), триптофану – з 1,48 до 1,73, лейцину – з 7,43 до 8,40, ізолейцину – з 3,08 до 3,33, треоніну – з 3,58 до 3,83, валіну – з 5,85 до 5,98, фенілаланіну – з 6,35 до 6,43, метіоніну – з 1,23 до 1,48 мг/г. Обробка насіння регуляторами росту сприяла збільшенню кількості незамінних амінокислот в зерні. Максимальний вміст суми незамінних амінокислот – 38,3 мг/г (на 9,8 % вище за контроль) відзначено у варіанті із застосуванням імуностимулятора Гумі на фоні мінеральних добрив.

Біологічна цінність і ступінь засвоєння білків визначається за лімітуючими амінокислотами. Дослідження показали, що першою лімітуючою амінокислотою є лізин, другою – треонін. Під дією регуляторів росту відбувалося збільшення цих амінокислот, за винятком біофунгіциду Фітоспорину.

Практичний досвід показує, що є хвороби, безпосередньо пов'язані з харчуванням [13]. Споживання неочищених зернових продуктів, як відомо, є профілактикою хронічних захворювань. Цілісні зерна злаків містять важливі для здоров'я людини поживні речовини, а також мінерали і вітаміни, тому, увага до злаків як до джерела біоактивних і функціональних інгредієнтів за останні роки збільшилася.

Мікроелементний склад зерна пшениці озимої важливий показник його біологічної цінності [15]. Добова потреба людини в марганці становить 4 мг/кг, залізі – 10–20, міді – 3, цинку – 15, кобальті – 3 мг/кг маси тіла [13]. Вміст мікроелементів у зрілому зерні і варіабельність мікроелементного складу рослин в основному визначаються генотипними особливостями культур [5], віком рослин та екологічними чинниками [32, 38]. Надмірному накопиченню неорганічних елементів у насінні і плодах запобігають бар'єрні функції вегетативних органів [39]. Відхилення вмісту мікроелементів у вегетативній масі рослин і зерні від оптимального порушує баланс неорганічних елементів [40].

У зерні пшениці вміст заліза під дією зовнішніх факторів може змінюватися від 20 до 60 мг/кг сухої речовини, цинку – від 22 до 33, кобальту – від 0,5 до 1,1, міді – від 1,7 до 3,2, марганцю – від 38 до 55 мг/кг сухої речовини [10, 31, 39].

Хімічний склад і фізичні властивості зерна пшениці озимої змінюється в процесі дозрівання і залежить від ступеня зрілості. Зерна пшениці при дозріванні містять багато цінних речовин, які зникають або зменшуються їх унікальні властивості в зрілих ядрах. Зерна пшениці зібрані до дозрівання містять у своєму складі значно менше крохмалю, більше вітамінів групи В (В1, В2, В3, В6), вітаміну С, мікроелементів та цукру [34, 36, 41, 42]. Таким чином, зерна пшениці зібрані у фазу молочно-воскової стиглості є цінним інгредієнтом для виробництва функціонального харчування.

Досліджено, що азотні добрива підвищують вміст мікроелементів в зерні пшениці і покращують поживні якості цього важливого продукту харчування. В умовах 8-річного польового досліду (1999–2007 рр.) за внесення азотних добрив у дозах N_{130} та N_{300} спостерігалася тенденція до збільшення вмісту заліза (Fe), цинку (Zn) і міді (Cu) в зерні пшениці озимої порівняно з контролем [35]. Концентрація мікроелементів була найвищою в висівках і найнижчою – у борошні. Застосування підвищеної дози азоту збільшувало вміст Zn і Cu у борошні та спостерігалось збільшення концентрації Fe лише у висівках. Також встановлено, що внесення азотних добрив не впливало на концентрацію марганцю (Mn) в зерні пшениці озимої. Азотні добрива змінювали співвідношення Fe і Cu в борошні і висівках, але не впливали на розподіл Zn.

Досліджено, що включення в метаболізм рослин пшениці озимої мікроелементів, пов'язаних з азотним обміном (Cu, Mo, Zn) підвищує вміст білків і сирої клейковини в зерні та покращує хлібопекарські властивості борошна [39].

Встановлено, що позакореневе підживлення пшениці озимої у фазу кушіння та колосіння хелатним мікродобривом, що містить у своєму складі Zn, Cu, B, Mo, Co, на фоні повного мінерального живлення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) збільшує вміст білка з 12,4 до 13,1 %, вміст клейковини з 25,4 до 29,8 % [10]. При цьому спостерігалось підвищення вмісту цинку з 20,5 (на контролі) до 21,8 мг/кг, кобальту – з 0,6 до 0,9, міді з 2,1 до 2,6, марганцю – з 39,8 до 44,6 та заліза – з 25,7 до 34,7 мг/кг.

Серед великого асортименту рідких комплексних добрив, які стали невід'ємною частиною технології вирощування сільськогосподарських культур, все частіше знаходять застосування агрохімікати цільового використання, склад яких підібраний з урахуванням потреб і фізіологічних особливостей розвитку конкретної культури [10, 23, 25, 29, 31].

За результатами визначення вмісту неорганічних елементів методом мас-спектрометрії у зразках рослин пшениці озимої сортів Смуглянка і Подолянка встановлено, що сучасні композиційні ретарданти (синтетичні регулятори росту і розвитку інгібіторного типу з антигібереліновим механізмом дії) впливають на елементний склад рослин протягом вегетації, а також змінюють вміст неорганічних елементів у зерні [31]. Дослідження виконані в період з 2015 по 2018 роки показали, що пшениця озима м'яка середньорослого сорту Подолянка інтенсивного типу чутливіше реагувала на обробку комплексним біостимулятором та

ретардантами, ніж короткостебловий високоінтенсивний сорт Смуглянка. Позакореневе підживлення рослин пшениці озимої ретардантами (терпал, медакс топ) сприяло підвищенню в зерні вмісту марганцю, заліза, цинку і міді. За обробки рослин пшениці ретардантами та їх композиціями з мегафолом накопичення заліза в зерні обох сортів зросло до 31–38 мг/кг. У зерні рослин сорту Смуглянка, оброблених препаратом на основі амінокислот гідролізатів рослин мегафол, вміст заліза підвищувався до 45,5 мг/кг сухої речовини.

За дослідженнями О. В. Семенюк [25], на фоні мінерального живлення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) передпосівна обробка насіння і позакореневе підживлення рослин у фази кушіння і колосіння рідким органо-мінеральним добривом Полідон Біо Зерновий спеціального призначення для пшениці озимої підвищували вміст білків у зерні за варіантами досліду на 7,0–11,4 %, зростання масової долі сирої клейковини становило 2,4 %.

Аналіз літературних джерел показав, що проблема якості зерна є однією з вирішальних для пшениці як культури, що становить фундамент продовольчого забезпечення мільярдів людей. Пріоритетне значення в сучасних умовах мають дослідження з розробки та впровадження нових видів добрив, які б забезпечували високу якість зернової продукції. Використання добрив є вагомим чинником поліпшення якісних показників зерна пшениці м'якої, зокрема, кількісного та якісного складу білків і клейковини.

1. Бакаева Н. П. Белково-протеазный комплекс зерна в агротехнологии озимой пшеницы при применении минеральных и органических удобрений. *Вестник Ульяновской Государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 4. С. 71–76. DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-71-76.
2. Балюбаш В. А., Алёшичев С. Е., Назарова В. В. Определение количества клейковины в пшеничной хлебопекарной муке. *Хлебопродукты*. 2014. № 7. С. 46–47.
3. Бильдиева Е. А., Нешин И. В. Агрохимические приемы, повышающие качество зерна озимой пшеницы. *Агрехимический вестник*. 2008. № 3. С. 28–30.
4. Васюсина Т. В., Кравцова Б. Е., Мартыанова А. И. Качество клейковины зерна мягкой пшеницы как показатель его хлебопекарных достоинств. *Труды ВНИИЗ*. 1972. № 74. С. 106–112.
5. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої / Г. П. Жемела та ін. *Вісник Полтавської Державної Академії*. 2020. № 3. С. 32–39. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.03.
6. Городній М. М., Макаренко М. В. Показники якості озимої пшениці, вирощеної на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. Живлення рослин: теорія і практика (зб. наук. пр., присвяч. 100-річчю від дня народж. акад. АН УРСР та ВАСГНІЛ П. А. Власюка) / голов. ред. В. В. Моргун. К. : Логос, 2005. С. 50–60.
7. Киризий Д. А. Эффективность использования азота при фотосинтетической ассимиляции CO_2 в листьях пшеницы. *Физиология растений и генетика*. 2013. № 4. С. 296–305.
8. Кірізій Д. А. Інтенсивність фотосинтезу та продуктивність рослин озимої пшениці залежно від азотного статусу листків. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2012. № 5. С. 399–407.
9. Костин О. В., Церковнова О. М. Биохимический состав и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений и росторегуляторов. *Нива Поволжья*. 2009. № 1 (10). С. 19–22.
10. Кутова А. М. Вплив добрив на продуктивність і якість зерна озимої пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 9. С. 64–67.
11. Ларченко К. А., Морхун Б. В. Признаки качества зерна пшеницы и методы их улучшения. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. № 42 (6). С. 463–474.
12. Литвиненко М., Лифенко С. Сила сорту. *The Ukrainian Farmer*. 2014. № 8 (56). С. 16–19.
13. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Москва : Медицина, 1991. 496 с.
14. Моргун В. В., Коць С. Я. Фізіологія рослин: досягнення та нові напрямки розвитку (за матеріалами V з'їзду Українського товариства фізіологів рослин). *Физиология растений и генетика*. 2017. № 5. Т. 49. С. 452–459.
15. Моргун В. В., Швартау В. В., Киризий Д. А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. № 5. С. 371–392.
16. Наукові основи ведення зернового господарства. Сайко В. Ф. та ін. За ред. Сайка В. Ф. Київ : Урожай, 1994. 336 с.
17. Насырова Ю. Г., Киселева М. Ю. Влияние протеолитической и амилолитической активности зерна на качество хлеба из пшеничной муки. *Успехи современной науки и образования*. 2016. Том 1. № 4. С. 6–9.

18. Особливості фотосинтезу і продукційного процесу у високоінтенсивних генотипів озимої пшениці / Кірізій Д. А. та ін. Київ : Основа, 2011. 416 с.
19. Оценка качества муки озимой пшеницы в процессе селекции / В. П. Нецветаев и др. *Достижения науки и техники АПК*. 2010. № 11. С. 49–52.
20. Пальчук Н. С. Формування врожайності сортів пшениці озимої при вирощуванні після сої в умовах Північної частини Степу України. *Вісник Аграрної науки Причорномор'я*. 2014. № 4. С. 156–162.
21. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.
22. Починок В. М., Кірізій Д. А. Продуктивність і якість зерна пшениці у зв'язку з особливостями розподілу азоту в рослині. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. № 5. С. 393–402.
23. Приходько А. В., Суцкий А. Н., Моляр С. А. Влияние различных видов органических удобрений на показатели урожайности и качества зерна пшеницы озимой в условиях Степного Крыма. *Таврический вестник аграрной науки*. 2017. № 4 (12). С. 98–106.
24. Рибалка О. І. Якість пшениці та її поліпшення: монографія. Київ: Логос, 2011. 496 с.
25. Семенюк О. В. Перспектива применения органоминерального удобрения специального назначения Полидон Био Зерновой при выращивании озимой пшеницы. *Известия Горского Государственного Аграрного Университета*. 2020. № 2. Т. 57. С. 33–39.
26. Тарасюк О. І., Починок В. М. Вміст у листках азоту та продуктивність лінній озимої м'якої пшениці, унікальних за хлібопекарськими властивостями. *Физиология растений и генетика*. 2015. Т. 47. № 1. С. 66–73.
27. Тильба В. А., Ющенко Б. И. Проблемы улучшения качества зерновой продукции в Приамурье. *Достижения науки и техники АПК*. 2010. № 11. С. 34–37.
28. Урожайність пшениці озимої залежно від системи удобрення та погодних умов вегетаційного періоду / О. В. Бараболя та ін. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 2. С. 3–9.
29. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от гуминового удобрения Гумостим и предшественников / С. В. Богомазов и др. *Нива Поволжья*. 2020. № 3 (56). С. 44–49.
30. Фактори впливу на якість зерна та борошна нових сортів пшениці м'якої озимої / Н. В. Василенко та ін. *Миронівський вісник*. 2016. № 2. С. 214–225.
31. Швартау В. В., Михальська Л. М., Маковейчук Т. І. Вміст мікроелементів у рослинах озимої пшениці за дії ретардантів. *Физиология растений и генетика*. 2018. № 6. Т. 50. С. 474–483. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2018.06.474>.
32. Berry P. M., Spink J. Predicting yield losses caused by lodging in wheat. *Field Crops Research*. 2012. № 137. P. 19–26.
33. Cakmak I., Kutman B. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science*. 2018. № 69. P. 172–180.
34. Comparison of nutritional compounds in premature green and mature yellow whole wheat in Korea / D. Yang et al. *Cereal Chemistry*. 2012. № 89 (6). P. 284–289.
35. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / R. Shib et al. *Journal of Cereal Science*. 2010. V. 51. P. 165–170. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.11.008>.
36. Investigation of Total Dietary Fiber, Vitamin B1 and B2 Content in Whole-grain Pasta / S. Kalnina et al. *Baltic Conference on Food Science and Technology*. 2015. P. 133–137.
37. Lawlor D. W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *Journal of Experimental Botany*. 2002. № 370. P. 773–787.
38. Manganese deficiency in wheat genotypes: Physiological responses and manganese deficiency tolerance index / A. Barman et al. *Journal of Plant Nutrition*. 2017. № 19. P. 2691–2708. URL: <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1381717>.
39. Marschner H. Marschner's mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 2012. 672 p.
40. Nieder R., Benbi D. K., Reichl, F.X. Microelements and their role in human health. *Soil Components and Human Health*. Dordrecht: Springer, 2018. P. 317–374.
41. Petrovska-Avramenko N., Karklina D., Gedrovica I. Investigation of immature wheat grain chemical composition. *Research for Rural Development. Food Sciences*. 2016. V. 1. P. 102–105.
42. Properties of the protein and carbohydrate fractions in immature wheat kernels / S. Iametti et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2006. № 54. P. 10239–10244.

References

1. Bakaeva N. P. Belkovo-proteaznyi kompleks zerna v ahrotekhnolohyy ozymoi pshenytsy pry pryumenenyy myneralnykh y orhanycheskykh udobreniy. *Vestnyk Ulianovskoi Hosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii*. 2018. № 4. S. 71–76. DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-71-76. [in Russian]
2. Baliubash V. A., Alëshychev S. E., Nazarova V. V. Opredelenye kolychestva kleikovyny v pshenychnoi khlebopekarnoi muke. *Khleboпродукты*. 2014. № 7. S. 46–47. [in Russian]
3. Byldyeva E. A., Neshyn Y. V. Ahrokhymycheskiye pryemy, povыshaiushcheye kachestvo zerna ozymoi pshenytsy. *Ahrokhymycheskiy vestnyk*. 2008. № 3. S. 28–30. [in Russian]
4. Vasiusyna T. V., Kravtsova B. E., Martianova A. Y. Kachestvo kleikovyny zerna miahkoi pshenytsy kak pokazatel eho khlebopekarnykh dostoynstv. *Trudy VNIYZ*. 1972. № 74. S. 106–112. [in Russian]
5. Vplyv sortovykh osoblyvostei na yakist zerna pshenytsi ozymoi / H. P. Zhemela ta in. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Akademii*. 2020. № 3. S. 32–39. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.03. [in Ukrainian]
6. Horodnii M. M., Makarenko M. V. Pokaznyky yakosti ozymoi pshenytsi, vyroshchanoi na luchno-chornozemnomu karbonatnomu grunti. Zhyvlennia roslyn: teoriia i praktyka (zb. nauk. pr., prysviach. 100-richchiu vid dnia narodzh. akad. AN URSS ta VASHNIL P. A. Vlasiuka) / holov. red. V. V. Morhun. K. : Lohos, 2005. S. 50–60. [in Ukrainian]
7. Kyryzyi D. A. Effektivnost yspolzovaniya azota pry fotosyntetycheskoi assymyliatsyy SO₂ v lystiakh pshenytsy. *Fyzyolohiya rastenyi y henetyka*. 2013. № 4. S. 296–305. [in Russian]
8. Kirizii D. A. Intensyvniat fotosyntezy ta produktyvnist roslyn ozymoi pshenytsi zalezho vid azotnoho statusu lystkiv. *Fyzyolohiya y byokhymyia kulturnykh rastenyi*. 2012. № 5. S. 399–407. [in Ukrainian]
9. Kostyn O. V., Tserkovnova O. M. Byokhymycheskyi sostav y kachestvo zerna ozymoi pshenytsy v zavysymosti ot myneralnykh udobreniy y rostorehuliatorov. *Nyva Povolzhia*. 2009. № 1 (10). S. 19–22. [in Russian]
10. Kutova A. M. Vplyv dobryv na produktyvnist i yakist zerna ozymoi pshenytsi. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2010. № 9. S. 64–67. [in Ukrainian]
11. Larchenko K. A., Morkhun B. V. Pryznaky kachestva zerna pshenytsy y metody ykh uluchsheniya. *Fyzyolohiya y byokhymyia kulturnykh rastenyi*. 2010. № 42 (6). S. 463–474. [in Russian]
12. Lytvynenko M., Lyfenko S. Syl sortu. *The Ukrainian Farmer*. 2014. № 8 (56). S. 16–19. [in Ukrainian]
13. Mykroelementozy cheloveka: etyolohiya, klasyfikatsiya, orhanopatolohiya / Avtysyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rysh M. A., Strohkova L. S. Moskva : Medytsyna, 1991. 496 s. [in Russian]
14. Morhun V. V., Kots S. Ya. Fiziolohiia roslyn: dosiahnennia ta novi napriamky rozvytku (za materialamy V zizdu Ukrainskoho tovarystva fiziolohiv roslyn). *Fyzyolohiya rastenyi y henetyka*. 2017. № 5. T. 49. S. 452–459. [in Ukrainian]
15. Morhun V. V., Shvartau V. V., Kyryzyi D. A. Fyzyolohycheskiye osnovy formirovaniya vysokoii produktyvnosti zernovykh zlakov. *Fyzyolohiya y byokhymyia kulturnykh rastenyi*. 2010. № 5. S. 371–392. [in Russian]
16. Naukovi osnovy vedennia zernovoho hospodarstva. Saiko V. F. ta in. Za red. Saika V. F. Kyiv : Urozhai, 1994. 336 s. [in Ukrainian]
17. Nasыrova Yu. H., Kyseleva M. Yu. Vlyaniye proteolytycheskoi y amylolytycheskoi aktyvnosti zerna na kachestvo khleba yz pshenychnoi muky. *Uspekhy sovremennoi nauky y obrazovaniya*. 2016. Tom 1. № 4. S. 6–9. [in Russian]
18. Osoblyvosti fotosyntezy i produktsiinoho protsesu u vysokointensyvnykh henotypiv ozymoi pshenytsi / Kirizii D. A. ta in. Kyiv : Osnova, 2011. 416 s. [in Ukrainian]
19. Otsenka kachestva muky ozymoi pshenytsy v protsesse selektsyy / V. P. Netsvetaev y dr. *Dostyzheniya nauky y tekhniky APK*. 2010. № 11. S. 49–52. [in Russian]
20. Palchuk N. S. Formuvannia vrozhaivosti sortiv pshenytsi ozymoi pry vyroshchuvanni pislia soi v umovakh Pivnichnoi chastyny Stepu Ukrainy. *Visnyk Ahrarnoi nauky Prychornomorja*. 2014. № 4. S. 156–162. [in Ukrainian]
21. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V. Roslynnystvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia polovykh kultur. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii», 2020. 806 s. [in Ukrainian]
22. Pochynok V. M., Kirizii D. A. Produktyvnist i yakist zerna pshenytsi u zviazku z osoblyvostiamy rozpodilu azotu v roslyni. *Fyzyolohiya y byokhymyia kulturnykh rastenyi*. 2010. № 5. S. 393–402. [in Ukrainian]
23. Prykhodko A. V., Susskyi A. N., Moliar S. A. Vlyaniye razlychnykh vydov orhanycheskykh udobreniy na pokazately urozhaivosti y kachestva zerna pshenytsy ozymoi v uslovyakh Stepnoho Kryma. *Tavrycheskiy vestnyk ahrarnoi nauky*. 2017. № 4 (12). S. 98–106. [in Russian]
24. Rybalka O. I. Yakist pshenytsi ta yii polipshennia: monohrafiia. Kyiv : Lohos, 2011. 496 s. [in Ukrainian]

25. Semeniuk O. V. Perspektyva pryumenenya orhanomyneralnoho udobrennia spetsyalnoho naznachennia Polydon Byo Zernovoi pry vyrashchuvannyu ozymoi pshenytsy. *Yzvestyia Horskoho Hosudarstvennoho Ahrarnoho Unyversyteta*. 2020. № 2. T. 57. S. 33–39. [in Russian]
26. Tarasiuk O. I., Pochynok V. M. Vmist u lystkakh azotu ta produktyvnist linii ozymoi miakoi pshenytsi, unikalnykh za khlibopekarskymy vlastyvostiamy. *Fyzyolohyia rastenyi y henetyka*. 2015. T. 47. № 1. S. 66–73. [in Ukrainian]
27. Tylba V. A., Yushchenko B. Y. Problemy uluchshennia kachestva zernovoi produktsyy v Pryamure. *Dostyzhennia nauky y tekhniky APK*. 2010. № 11. S. 34–37. [in Russian]
28. Urozhainist pshenytsi ozymoi zalezho vid systemy udobrennia ta pohodnykh umov vehetatsiinoho periodu / O. V. Barabolia ta in. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2018. № 2. S. 3–9. [in Ukrainian]
29. Urozhainost y kachestvo zerna ozymoi pshenytsy v zavysymosti ot humynovoho udobrennia Humostym y predshestvennykov / S. V. Bohomazov y dr. *Nyva Povolzhia*. 2020. № 3 (56). S. 44–49. [in Russian]
30. Faktory vplyvu na yakist zerna ta boroshna novykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi / N. V. Vasylenko ta in. *Myronivskiy visnyk*. 2016. № 2. S. 214–225. [in Ukrainian]
31. Shvartau V. V., Mykhalska L. M., Makoveichuk T. I. Vmist mikroelementiv u roslynakh ozymoi pshenytsi za dii retardantiv. *Fyzyolohyia rastenyi y henetyka*. 2018. № 6. T. 50. S. 474–483. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2018.06.474>. [in Ukrainian]
32. Berry P. M., Spink J. Predicting yield losses caused by lodging in wheat. *Field Crops Research*. 2012. № 137. P. 19–26.
33. Cakmak I., Kutman B. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science*. 2018. № 69. P. 172–180.
34. Comparison of nutritional compounds in premature green and mature yellow whole wheat in Korea / D. Yang et al. *Cereal Chemistry*. 2012. № 89 (6). P. 284–289.
35. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / R. Shib et al. *Journal of Cereal Science*. 2010. V. 51. P. 165–170. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.11.008>.
36. Investigation of Total Dietary Fiber, Vitamin B1 and B2 Content in Whole-grain Pasta / S. Kalnina et al. *Baltic Conference on Food Science and Technology*. 2015. P. 133–137.
37. Lawlor D. W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *Journal of Experimental Botany*. 2002. № 370. P. 773–787.
38. Manganese deficiency in wheat genotypes: Physiological responses and manganese deficiency tolerance index / A. Barman et al. *Journal of Plant Nutrition*. 2017. № 19. P. 2691–2708. URL: <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1381717>.
39. Marschner H. Marschner's mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 2012. 672 p.
40. Nieder R., Benbi D. K., Reichl, F.X. Microelements and their role in human health. *Soil Components and Human Health*. Dordrecht: Springer, 2018. P. 317–374.
41. Petrovska-Avramenko N., Karklina D., Gedrovica I. Investigation of immature wheat grain chemical composition. *Research for Rural Development. Food Sciences*. 2016. V. 1. P. 102–105.
42. Properties of the protein and carbohydrate fractions in immature wheat kernels / S. Iametti et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2006. № 54. P. 10239–10244.

Yu. D. Martsinyshyn, S. V. Pyda

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

BIOCHEMICAL COMPOSITION OF SOFT WHEAT GRAIN (*TRITICUM AESTIVUM* L.) UNDER THE INFLUENCE OF FERTILIZERS

The article, based on the analysis of scientific works, presents the research findings of the influence of mineral, organic and organo-mineral fertilizer on the biochemical composition of soft wheat grain. It is shown that seed productivity and quality of wheat grain depend on the provision of plants with nutrients during the growth season, resistance to stress factors and biological characteristics of the variety. The yield of winter wheat increases due to super-strong and extra-strong varieties, but the quality of grain, which is negatively correlated with productivity, decreases.

Fertilizers are a significant factor in improving the quality of wheat grain, and their use allows to obtain high quality baking flour. Application of different types of organic fertilizers (cattle manure, chicken manure) and green manures (wheat-wheat, oat-pea, mustard) results in an increase in the gluten content from 24.2 to 25.6–27.7 % in grain winter wheat. The application of manure also contributed to the accumulation of proteins in the grain. The quality of wheat grain (nutritional value

and baking properties) depends on both the protein content and their amino acid composition. Nitrogen fertilizers have been shown to increase the protein content and the amount of essential amino acids in grain and improve their amino acid composition, but their application, especially in higher doses, reduces the baking properties of wheat flour. The use of nitrogen fertilizers also increases the content of trace elements in wheat grain and improves the nutritional value of this important food. Foliar feeding of plants with chelated micro-fertilizers on the background of complete mineral nutrition ($N_{60}P_{60}K_{60}$) also improves the quality of grain, while increasing the content of proteins and gluten.

Pre-sowing seed treatment and foliar fertilization of plants in the phase of tillering and earing with liquid organo-mineral fertilizer Polidon Bio Zernovyi special purpose for winter wheat, against the background of mineral nutrition ($N_{60}P_{60}K_{60}$), increased the protein content in grain according to experimental variants and promoted raw gluten growth.

Keywords: soft wheat, grain biochemical composition, proteins, gluten, fertilizers.

Надійшла 19.05.2021.

ПОВІДОМЛЕННЯ, РЕЦЕНЗІЇ, ХРОНІКА

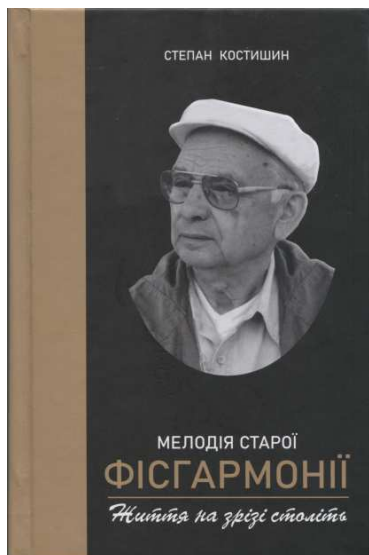
УДК 58(092)(477) Костишин

doi: 10.25128/2078-2357.21.1-2.13

М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: barna@chem-bio.com.ua

[РЕЦЕНЗІЯ]. СТЕПАН КОСТИШИН. МЕЛОДІЯ СТАРОЇ ФІСГАРМОНІЇ. ЖИТТЯ НА ЗРІЗІ СТОЛІТЬ



У чернівецькому видавництві «Букрек» у 2021 році вийшла друком книга спогадів відомого українського вченого, фізіолога, біохіміка рослин і еколога, академіка Академії наук вищої школи України, доктора біологічних наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України, почесного доктора права Саскачеванського університету (Канада, 2010), колишнього ректора Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича Степана Степановича Костишина – «Степан Костишин. Мелодія

старої фісгармонії. Життя на зрізі століть». Чернівці : Букрек, 2021. 336 с. іл.

Цю книгу з дарчим надписом від автора, датовану 18.03.2021 року, ми отримали на початку квітня. Спочатку, як годиться, погортали книгу, відтак ознайомилися зі змістом, а після цього почали читати і перечитувати те, що найбільше вразило, або те, чого просто не знали. І так сторінка за сторінкою ми осмислювали прочитане. Такі книжки наспіх не читаються, бо вони приносять новизну у наше життя та нашу діяльність. Степан Степанович Костишин за порадою дочки Світлани вирішив написати книжку: не про гетерозис і не про мікрокосми, а про себе.

Барна Микола Миколайович – академік Академії наук вищої школи України, заслужений діяч науки і техніки України, доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, вул. Максима Кривоноса, 2, 46003. Тел. 067-855-26-76. E-mail barna@chem-bio.com.ua

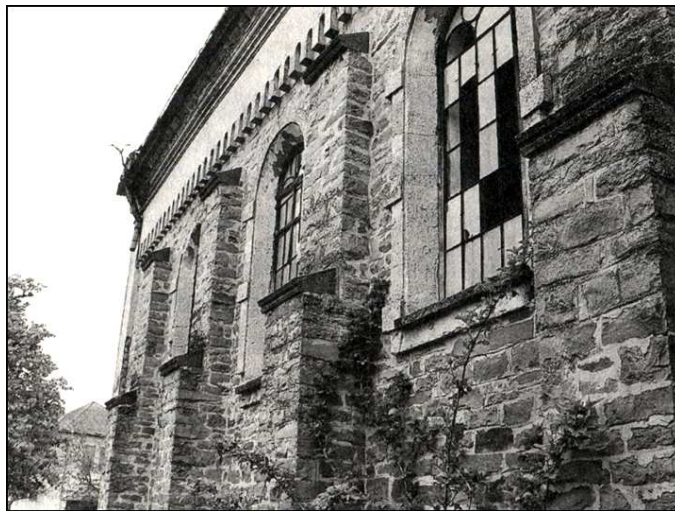
Барна Любов Степанівна – кандидатка педагогічних наук, доцентка кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, вул. Максима Кривоноса, 2, 46003. 067-798-60-78. E-mail barna@chem-bio.com.ua

Книга містить передмову, до якої Степан Степанович дуже вміло підібрав зі словами Богдана Лепкого епіграф:

*Напишу – от і легше стане,
Немов тягар скотився з груди:
А якщо вдасться непогане,
То прочитайте, добрі люди!*

У передмові до книги спогадів Степан Степанович пише: «Вагання тривали, допоки не визріли відповіді на два важливих запитання: кому я присвячу цю книжку і для чого її писатиму? І ось тепер я можу поділитися з читачем, які знайшов мотивації, – і продовжує словами Богдана Лепкого: Я пишу те, що чув, бачив, що в серце або мозок впало». Чому книга спогадів називається саме так? Автор дає відповідь на це питання: «Я ніколи не забуду моменту, коли вперше почув звук фісгармонії. Це було на початку літа 1938 року...[4].

...І ось відкриваються двері костюлу і виходять священники з хоругвами, а за ними прихожани. І раптом я почув, що з костюлу лунають звуки незвичайної музики. Вона звучала увесь час, поки з церкви виходили люди. Я майже щодня чув, як мамин брат Геронько грає на скрипці, знав звуки трубки, цимбалів, баса, але такої музики раніше ніколи не чув. У ній поєднався плюскіт води, шум дерев і передзвін дзвонів. Усе разом зливалося у єдину гармонію. Інші, мабуть, теж були заворожені, але мене це особливо вразило. Я старався якомога ближче підійти до відчинених дверей. І допоки люди, які були на службі Божій, виходили, весь час лунала ця музика».

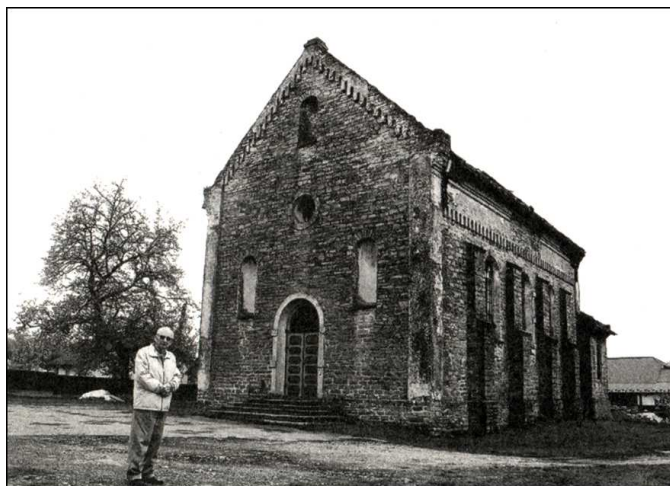


Римо-католицький костел с. Звиняч

«Я потім дізнався, що це фісгармонія. І завжди старався знайти хоча би трохи часу і підійти ближче до костюлу, щоб послухати звучання фісгармонії. А хата наша стояла за 200-250 метрів від нього. Це п'ять хвилин ходу. Якщо це була неділя чи свято, я підходив до костюлу, зупинявся там під деревами і слухав, як грала фісгармонія. Усі присутні в костюлі парафіяни співали, коли йшла служба, а в унісон звучала ця глибока складна музика, «від якої я німів, а моє серце наповнювалося то тугою, то невимовною радістю».

А саму фісгармонію я побачив уже, коли її переносили до греко-католицької церкви. До цього чув лише її музику. Коли поляки залишили територію Західної України, було прийнято рішення сільської громади про те, щоб перенести цей інструмент до греко-католицької церкви (нині там православна церква України). Фісгармонію встановили на балконі, і на ній грав дяк. Тоді я вже ближче підходив до цього інструмента. Звуки там видобувалися коливаннями металевих язичків під дією струменя повітря, яке накачувалося двома ножними педалями.

Минули роки, а я не можу забути того потужного, насиченого та майже медіативного звучання звиняцької фісгармонії. Ніде і ніколи я більше не чув і не бачив цього унікального інструмента. Чомусь тепер його не випускають. Тому фісгармонія, перш за все, асоціюється у мене з рідним селом і роками мого дитинства. Чи жива вона ще? Чи хтось на ній грає?»



Стоячи сьогодні біля костелу, С. С. Костишин згадує медіативну мелодію свого дитинства

Степан Степанович Костишин народився 7 лютого 1932 року в селі Звиняч Чортківського району Тернопільської області.

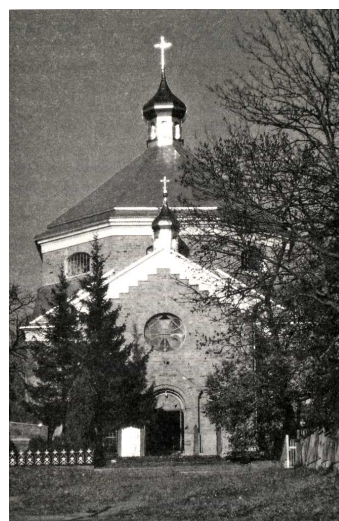
Книга спогадів передусім змальовує ту дорогу, якою йшов автор, долаючи труднощі та здобуваючи перемоги і з притаманним йому вмінням розкриває свій шлях широкий. Звісно, що автор присвячує цю книгу своїм батькам:

... «Приблизно у 1936 року я, мама і тато святково вбираємося і рушаємо до Буданова...мама витягла зі скрині наші святкові сорочки. Що за подія? До «фортиграфії». Ідемо пішки. Одна рука в татовій долоні, друга – в маминій. Батьки ще зовсім молоді, дуже фані й усміхнені. Дорога довга, і я такий щасливий, що нарешті можу з ними поспілкуватися. Тато всю дорогу жартує. Його жарти завжди гострі, дотепні. Мама зі сміхом відповідає.

Мама... Вона завжди була тендітною і стрункою, вже навіть по роках, не напружуючись, ідеально рівно тримала спину, що надавало їй особливого шляхетного шарму. Цей аристократичний вигляд дуже сильно контрастував із сільською працею, яка багатьох жінок з віком згинала до землі. Тривалий час ця єдина наша спільна знімка була заткнута за рамку Ісусового образу у великій хаті. На фотографії я сиджу у кріслі, а тато й мама стоять з боків... Напевно мені було 4 роки».



Мої батьки: Марія Степанівна та Степан Степанович Костишини



Моя духовна колицка

У передмові автор продовжує: «Я присвячую цю книгу своїм односельцям. Адже я був і завжди залишатимуся представником унікальної родини – «звиняцької конгломерації». Так

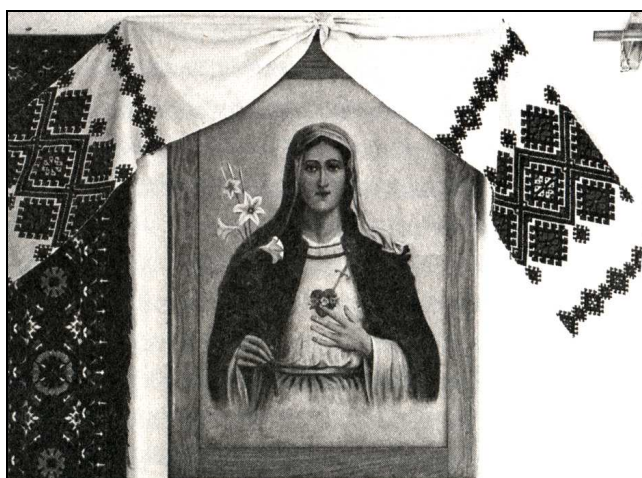
умовно можна назвати усіх вихідців села Звиняч Чортківського району Тернопільської області. Справді, бути звиняцьким – це особливий статус, який автоматично означає, освятившись ранішньою молитвою, виконувати будь-яку роботу на всі сто та, не втрачаючи себе, гідно проходити крізь випробування у найскладніші моменти життя. «Звиняцький» – це своєрідне тавро стійкості».



Тут починається Звиняч



Рідна хата



Божа Матір з гілкою королівських лілій

На сторінках своєї книги Степан Степанович згадує: «За час мого дитинства і юності на цьому невеличкому клаптику землі чотири рази змінювалась влада: Річ Посполита, Радянський Союз, німці, знову радянська влада. Кожний режим ніс свої неочікувані випробування та страждання, але село вижило. Вижило, тому що знало секрети стійкості, ті духовні і матеріальні важелі, які забезпечували звиняцьку самодостатність і незалежність. Тож у цій книзі я хочу розповісти про невеличку сільську спільноту, яка може слугувати взірцем незламності та збалансованості навіть для сучасних громад. Звиняцький гарт – це те, що додавало мені сили і допомагало долати труднощі у будь-яких ситуаціях» [4].

Автор адресує цю книгу і спогади тим людям, для кого альма-матер став Чернівецький національний університет...

Окрім передмови книга містить чотири розділи: різні за обсягом, змістом та відображенням життя відомого вченого, який походить з Тернопільщини, де Він народився й Чернівецьчини, де знаходиться його Alma mater.

Другий розділ книги називається: «Наукова мрія і реалії життя». Юний Степан Костишин мріяв стати геологом, але доля розпорядилася інакше, і у 1950 році він став студентом агробіологічного відділення біологічного факультету Чернівецького університету. Робота у студентському науковому гуртку, кваліфіковані викладачі прищепили здібному студенту жагу до знань та наукового пошуку і через шість років після завершення навчання в університеті Степан Костишин став аспірантом кафедри фізіології рослин. Науковим керівником молодого аспіранта був відомий вчений, професор Молотковський Г. Х. Після захисту кандидатської дисертації Степан Степанович розпочав свою педагогічну і наукову діяльність в університеті спочатку на кафедрі ботаніки, в згодом фізіології рослин, очолював проблемну науково-дослідну лабораторію гетерозису рослин, упродовж 15-ти років працював на посаді проректора з наукової роботи [3, 5, 6].

У 1987 році вперше на конкурсній основі Костишин Степан Степанович був обраний на посаду ректора Чернівецького університету і упродовж 18 років очолював цей славетний вуз.

У третьому розділі «Успішні кроки спільними зусиллями» автор згадує про людей, які були з ним поруч, з якими його зводила доля. На сторінках 207–210 автор книги зазначає:

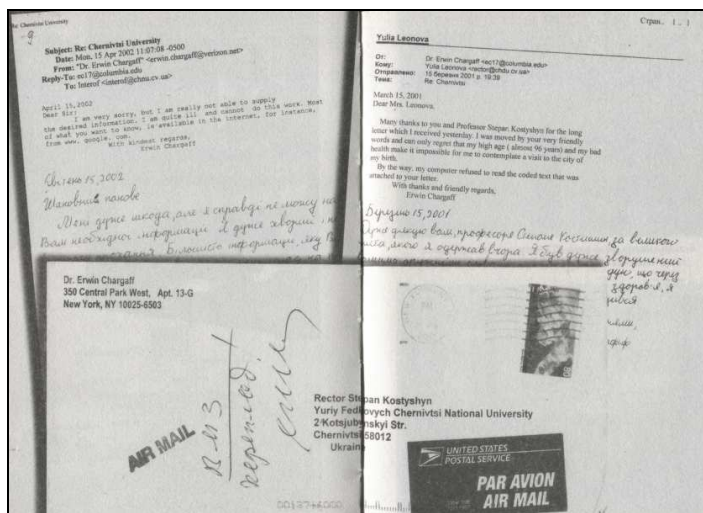
«Інтерес біологів різних республік СРСР, а пізніше і різних країн, до Чернівців зростав не лише завдяки здобуткам тутешніх науковців. З нашим містом пов'язаний шлях двох світових геніїв генетичної науки – Ервіна Чаргаффа та Миколи Вавілова. Всесвітньовідомий першовідкривач структури ДНК – найвидатнішого відкриття ХХ століття – Ервін Чаргафф народився 11 серпня 1905 році у місті Чернівці і прожив тут до початку Першої світової війни. А Микола Вавілов, який подарував світу концепцію центрів походження культурних рослин і закон гомологічних рядів спадкової мінливості, закінчив свій творчий життєвий шлях у нашому місті. Це була його остання експедиція, присвячена пошукам реліктової полби. Звідси він був доставлений прямо в камеру НКВС на Луб'янці [4].

Я щасливий, що завдяки інтернету ще встиг поспілкуватися з Ервіном Чаргаффом і навіть надіслати вишитий буковинський рушник, барви якого нагадали йому про щасливе дитинство в зеленому буковинському краї. У жовтні 2002 року в Чернівецькому університеті планувалося проведення VIII Всеукраїнського біохімічного з'їзду, на який я запросив ученого. 15 березня 2001 р. Ервін Чаргафф відповів, що дуже зворушений, але шкодує, що через вік і поганий стан здоров'я не зможе приїхати до міста, у якому народився.

А 16 квітня 2002 року він надіслав листа для делегатів нашого з'їзду такого змісту:

«Шановний професоре Костишин! Хочу надіслати Вам декілька дружніх слів для моїх шановних колег, які зберуться на з'їзд біохіміків України. Ця прекрасна наука займала велике місце в моєму житті близько 60 років і допомагала мені вирости. Бажаю, щоб для Вас вона мала теж велике значення. Нехай довго живе ця наука! Ервін Чаргафф».

ПОВІДОМЛЕННЯ, РЕЦЕНЗІЇ, ХРОНІКА



Фотокопії листів Степана Степановича Костишина з Ервіном Чаргаффом

22 червня 2002 року з Нью-Йорка була отримана сумна звістка: на 97 році життя Ервін Чаргафф відійшов у вічність. Пленарна доповідь Степана Степановича на з'їзді біохіміків – «Буковинець Ервін Чаргафф – біохімік світового рівня» була сповнена смутку, але й водночас надії, адже Мармурова зала Чернівецького університету була вщент переповнена біохіміками – продовжувачами справи великого вченого. Саме завдяки листуванню Степана Степановича з Ервіном Чаргаффом було достеменно з'ясоване місце його проживання у Чернівцях (Franzengasse, 20, нині – вулиця 28 червня, 20). У 2003 році завдяки спільній ініціативі Костишина С. С. та його колег й за підтримки ректорату, мерії та Австрійської корпорації на будинку, де народився і жив Ервін Чаргафф, було встановлено меморіальну дошку.



Вулиця 28 червня, 20. На цьому будинку встановлена меморіальна дошка Ервіну Чаргаффу

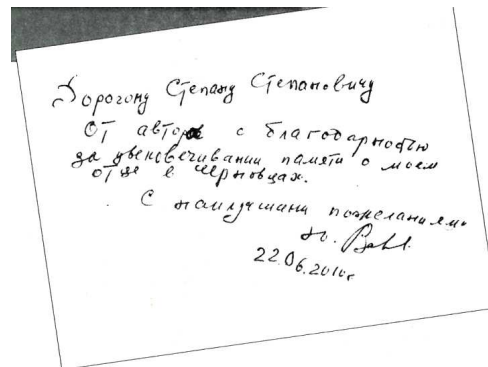
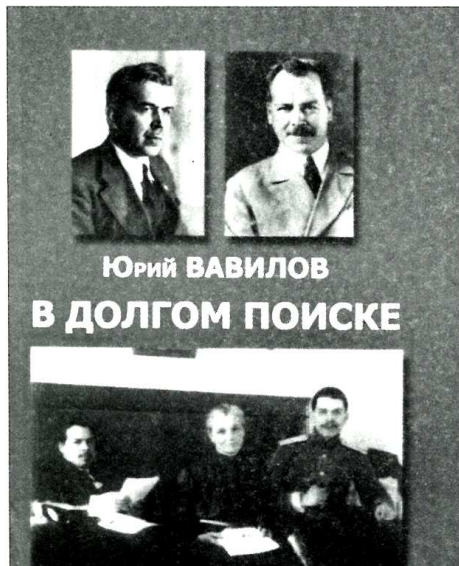
Цікавими для біологів будуть і такі спогади Степана Степановича: «Долучилися ми і до перейменування вулиці на честь академіка Миколи Вавілова та встановлення пам'ятної дошки на будинку 8-го корпусу ЧНУ (вулиця академіка Вавілова, 9), де обірвалася творча життєва стежина видатного вченого [4].



Після встановлення меморіальної дошки академіку Миколі Вавілову (вул. академіка Вавілова, 9)

У серпні 1988 р. Буковину відвідав молодший син академіка доктор фізико-математичних наук, професор Юрій Вавілов. Наше місто, університет і зустрічі з його співробітниками та студентами справили на нього незабутнє враження. До останніх днів його життя, яке перервалось у 2018 році, Ю. М. Вавілов був вдячний Буковині й буковинцям за увічнення пам'яті його батька. У 2010 році він прислав мені поштою свою книгу «В долгом поиске» з підписом від автора.

28 червня 2011 року члени Комітету Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО прийняли доленосне рішення включити архітектурний ансамбль Резиденції митрополитів Буковини і Далмації (нині Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича) до найпрестижнішого списку світового надбання – Списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Неоціненний внесок у наближення цієї події зробили проректор з науково-педагогічної роботи з питань навчально-виховного процесу Тамара Марусик і тодішній ректор Степан Мельничук [1].



«Дорогому Степану Степановичу от автора с благодарностью за увековечивание памяти о моем отце в Черновцах.

С наилучшими пожеланиями
Ю. Вавил.»

22.06.2010 г.

На завершення рецензії зазначимо: ось такий він, Степан Степанович Костишин – простий звиняцький хлопець, наділений Господом Богом даром творити людям добро, який повсякденною титанічною працею зміг піднятися від випускника славетного Чернівецького університету до посади ректора своєї Alma-mater, яку обіймав упродовж багатьох років та й до вершин світової біологічної науки, у якій зумів у своїх наукових працях створити й залишити новизну, що примножуватимуть Його школа і Його учні, а це найвища нагорода, яку прижиттєво може заслужити й отримати вчений [3].

Рецензована книга буде надзвичайно цікавою для молоді, оскільки життєвий і творчий шлях Степана Степановича Костишина є взірцем того, як своєю невтомною й наполегливою працею можна досягнути великих успіхів у науці та професійній діяльності. Вона становить неабиякий інтерес для біологів, викладачів закладів вищої освіти, оскільки містить цікаві відомості про розвиток біологічної науки на Буковині, про основні віхи становлення провідного університету України – Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. У книзі спогадів автор події з власної біографії вдало вплітає в канву розвитку буковинського університету [4].

Не будемо детально аналізувати написане в кожному із чотирьох розділів, але пригадаємо, що українське прислів'я каже: «Краще один раз побачити, ніж сто разів почути». Запрошуємо долучитись до глибинного джерела наукової та життєвої мудрості, яким є рецензована книга. А її автору бажаємо міцного здоров'я та многая, многая літ життя для написання нових книг, матеріали для яких зберігаються у його пам'яті та в родинному архіві.

1. Барна М. М. Ботаніка. Терміни. Поняття. Персоналії: навч. посіб. 5-е вид., доп. і змін. Тернопіль : ТзОВ «Терно-граф», 2021. 360 с.: іл. *Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / лист № 1/11-9546 від 05.06.2013 р.*
2. Барна М. М., Барна Л. С. Видатні вчені-ботаніки: навч. посіб. Тернопіль : ТзВО «Терно-граф», 2013. 192 с.: іл. С. 64–66.
3. Барна М. М., Бутницький І. М., Мацьопа Р. Л. Відомий український фізіолог рослин і біохімік (до 80-річчя від дня народження професора С. С. Костишина). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія. Біологія*. Тернопіль, 2012. № 1 (50). С. 120–132.
4. Костишин Степан. Мелодія старої фісгармонії. Життя на зрізі століть. Чернівці : Букрек, 2021. 336 с.: іл.
5. Мельничук Д. О., Григорюк І. П., Мельничук М. Д. Степан Степанович Костишин. Зерна праці і таланту. *Аграрна наука і освіта*. Київ, 2007. Вип. 8. № 1–2. С. 144–146.
6. Моргун В. В., Григорюк І. А., Марченко М. М. Степан Степанович Костишин (к 70-літтю со дня народження). *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. Київ, 2002. 34 (2). С. 181–182.

References

1. Barna M. M. Botanika. Terminy. Poniattia. Personalii: navch. posib. 5-e vyd., dop. i zmin. Ternopil : TzOV «Terno-hraf», 2021. 360 s.: il. *Rekomendovano Ministerstvom osvity i nauky Ukrainy iak navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchikh navchalnykh zakladiv / lyst No 1/11-9546 vid 05.06.2013 r.* [in Ukrainian]
2. Barna M. M., Barna L. S. Vydatni vcheni-botaniky: navch. posib. Ternopil : TzVO «Terno-hraf», 2013. 192 s.: il. S. 64–66. [in Ukrainian]
3. Barna M. M., Butnytskyi I. M., Matsopa R. L. Vidomyi ukrainskyi fiziolog roslyn i biokhimik (do 80-richchia vid dnia narodzhennia profesora S. S. Kostyshyna). *Naukovi zapysky. Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya. Biolohiia*. Ternopil, 2012. No 1 (50). S. 120–132. [in Ukrainian]
4. Kostyshyn Stepan. Melodiia staroi fisharmonii. Zhyttia na zrizi stolit. Chernivtsi : Bukrek, 2021. 336 s.: il. [in Ukrainian]
5. Melnychuk D. O., Hryhoriuk I. P., Melnychuk M. D. Stepan Stepanovych Kostyshyn. Zerna pratsi i talantu. *Ahrarna nauka i osvita*. Kyiv, 2007. Vyp. 8. No 1–2. S. 144–146. [in Ukrainian]
6. Morgun V. V., Grigoriuk I. A., Marchenko M. M. Stepan Stepanovich Kostishin (k 70-letiiu so dnia rozhdenniia). *Fiziologiia i biokhimiia kul'turnikh rastenii*. Kiev, 2002. 34 (2). S. 181–182. [in Russian]

M. M. Barna, L. S. Barna

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

STEPAN KOSTYSHYN. MELODY OF THE OLD PHYSHARMONICA. *LIFE AT THE CROSS OF CENTURIES*

In 2021, the Chernivtsi publishing house «Bukrek» published a book of memoirs of a famous Ukrainian scientist, physiologist, plant biochemist and ecologist, academician of the Academy of Sciences of Ukraine, doctor of biological sciences, professor, honoured worker of science and technology of Ukraine, honorary doctor of law of the University of Saskatchewan (Canada, 2010),

former rector of Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University – Stepan Stepanovych Kostyshyn – «Stepan Kostyshyn. The melody of the old physharmonica. *Life at the turn of centuries.*».

The book of memoirs is dedicated to the life and creative career of its author, his ups and downs, losses and victories. Stepan Kostyshyn wrote his book to parents, fellow villagers from the village of Zvyniach, Ternopil region, and graduates of Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University.

Young Stepan Kostyshyn dreamed of becoming a geologist, but fate decided otherwise and in 1950 he became a student of the Agrobiology Department of the Faculty of Biology of Chernivtsi University. Work in a student research group, qualified lecturers instilled in the gifted student a thirst for knowledge and scientific research, and six years after graduation from the university Stepan Kostyshyn became a post-graduate student of the Department of Plant Physiology. The scientific supervisor of the young post-graduate student was a well-known scientist, Professor Molotkovskiy H. Kh. After defending his Candidate's dissertation, Stepan Stepanovych began his teaching and research activities at the university, firstly at the Department of Botany, later – Plant Physiology; he headed the problematic research laboratory of plant heterosis, and he worked as Vice Rector for Research for 15 years.

In 1987, for the first time on a competitive basis, Kostyshyn S. S. was elected as a rector of Chernivtsi University and headed this famous university for 18 years.

The life of two world geniuses of genetic science – Erwin Chargaff and Mykola Vavilov – is connected with the city of Chernivtsi. The world-famous discoverer of the DNA structure – the most outstanding discovery of the twentieth century – Erwin Chargaff was born on August 11, 1905 in the city of Chernivtsi and lived there until the First World War. And Mykola Vavilov, who gave the world the concept of centres of origin of cultivated plants and the law of homologous series of hereditary variability, ended his life in our city. This was his last expedition devoted to the search for relict spelt. From there he was taken directly to the NKVD cell in Lubianka. The author of the book was directly involved in perpetuating the memory of these world-famous scientists.

The reviewed book will be extremely interesting for young people as life and the creative career of S. S. Kostyshyn is an example of how one's hard work can bring great success in science and professional activity. It is of great interest to biologists, lecturers of higher educational establishments, as it contains invaluable information about the development of biological science in Bukovyna, the main milestones of the leading university of Ukraine – Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University. In the book of memoirs, the author successfully interweaves events from his own biography in the outline of the development of Bukovyna University.

Keywords: book, memoirs, biology, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, rector, plant physiology, plant biochemistry, genetics, heterosis, Bukovyna.

Надійшла 21.04.2021.